ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА В МАШИНОСТРОЕНИИ

(Кузнечно-штамповочное, литейное и другие производства)

№ 2 февраль 2007

Председатель редакционного совета и Главный редактор
СЕМЁНОВ Е.И.

Зам. председателя редакционного совета:
ДЁМИН В.А.
КОЛЕСНИКОВ А.Г.

Зам. Главного редактора
КЛЕЙЗЕР П.Е.

Редакционный совет:
БЕЛЯКОВ А.И.
БЛАНТЕР М.С.
БОГАТОВ А.А.
БОКОВ А.А.
ГРОМОВ В.Е.
ГУН И.Г.
ЖЕСТКОВА И.Н.
ЗАРУБИН А.М.
КАПУСТИН А.И.
КАСАТКИН Н.И.
КОШЕЛЕВ О.С.
КРУК А.Т.
МОРОЗ Б.С.
МУРАТОВ В.С.
НАЗАРЯН Э.А.
ОВЧИННИКОВ В.В.
ПАСЕЧНИК Н.В.
ПОВАРОВА К.Б.
ПОЛЕТАЕВ В.А.
СЕМЁНОВ Б.И.
СУБИЧ В.Н.
ТРЕГУБОВ Г.П.
ТРУХОВ А.П.
ШАТУЛЬСКИЙ А.А.
ШЕРКУНОВ В.Г.
ЯКОВЛЕВ С.С.
ЯМПОЛЬСКИЙ В.М.

Ответственные за подготовку и выпуск номера:
ДЮБКОВА Н.В.
БЕЛАВЕНЦЕВ Р.Ю.
СЕРИКОВА Е.А.

Журнал зарегистрирован в Государственном Комитете Российской Федерации по печати.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12218 от 29.03.02

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу агентства "Роспечать" **81580**, по Объединенному каталогу "Пресса России" **39205**, по каталогу "Почта России" **60261**) или непосредственно в издательстве.

Тел.: (495) 268-47-19, 268-69-19
Факс: (495) 269-48-97
http://www.mashin.ru
E-mail: zpm@mashin.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Татарских Б.Я. Организационно-экономические вопросы развития заготовительных производств в машиностроении . . . 3

Литейное и сварочное производства

Семёнов М.В., Точилкин В.В. Система распределения потоков стали пятиручьевого промежуточного ковша МНЛЗ . . . 9
Филинков М.Д., Шестопалов И.С. Изготовление отливок из РЗМ-чугуна в силовом центробежном поле . . . 12
Балабанов А.Н. Технологичность сварных и паяных соединений . . . 14

Кузнечно-штамповочное производство

К 100-летию со дня рождения И.В. Климова . . . 24
Гафуров Р.М., Климычев С.Б., Владимирский В.К. Развитие технологии холодной объемной штамповки на ОАО "ГАЗ" . . . 25
Климычев С.Б., Захаров Д.Г., Афанасьев А.А. Повышение эффективности листовой штамповки с применением средств математического моделирования на ОАО "ГАЗ" . . . 27
Коломенский Л.Н., Новаев В.В., Потапова А.Н., Попов С.Г. Модернизация прессов, изготовленных по лицензии японской фирмы "Аида" . . . 29
Галкин В.В., Дубинский В.Н., Коровин В.А., Поздышев А.И. Изготовление чугунных поковок круглой формы методом горячей объемной штамповки в открытом штампе на кривошипном горячештамповочном прессе . . . 31

Прокатно-волочильное производство

Колесников А.Г., Максаков А.В., Ананян А.С. Восстановление медного контактного провода способом прокатки–распрессовки–прессования . . . 34

Материаловедение и новые материалы

Муратов В.С., Святкин А.В. Совершенствование технологии изготовления прутков из латуни типа ЛМцА . . . 36
Дружилов А.С., Коновалов С.В., Филипьев Р.А., Громов В.Е. Исследовательский комплекс изучения ползучести . . . 39

Информация

Пожарский А.В., Ким Г.П., Панфилов В.П. Совершенствование процессов нагрева металла в металлургических цехах машиностроения . . . 43
Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку по ГОСТ 26645–85. *(Продолжение)* . . . 45
Касаткин Н.И., Белов А.В. Прогнозирование трещинообразования при прессовании сплавов на основе меди . . . 51
Решение Совета директоров предприятий кузнечно-прессового, литейного машиностроения и заготовительных производств – членов Российской Ассоциации "Станкоинструмент" . . . 53

Крайнев А.Ф. Техника обработки материалов давлением (вкладка)

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

Журнал выходит при содействии:
Академии Проблем Качества Российской Федерации; Министерства образования и науки Российской Федерации; Воронежского завода тяжелых механических прессов; ЦНИИЧермет; ВНИИМЕТМАШ; ИМЕТ РАН; Каширского завода "Центролит"; АМУРМЕТМАШ

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "Заготовительные производства в машиностроении", допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции.

© ОАО "Издательство "МАШИНОСТРОЕНИЕ", "Заготовительные производства в машиностроении", 2007

SCIENTIFIC TECHNICAL AND PRODUCTION JOURNAL

BLANKING PRODUCTIONS IN MECHANICAL ENGINEERING

(Forging and stamping, foundry and others productions)

№ 2 February 2007

Chairman of Editorial Committee and Editor-in-chief
SEMENOV E.I.

Chairman Assistants:
DEMIN V.A.
KOLESNIKOV A.G.

Editorial Assistants
KLEYZER P.E.

Editorial Committee:
BELYAKOV A.I.
BLANTER M.S.
BOGATOV A.A.
BOKOV A.A.
GROMOV V.E.
GUN I.G.
ZHESTKOVA I.N.
ZARUBIN A.M.
KAPUSTIN A.I.
KASATKIN N.I.
KOSHELEV O.S.
CRUCK A.T.
MOROZ B.S.
MURATOV V.S.
NAZARYAN E.A.
OVCHINNIKOV V.V.
PASECHNIK N.V.
POVAROVA K.B.
POLETAEV V.A.
SEMENOV B.I.
SUBICH V.N.
TREGUBOV G.P.
TRUKHOV A.P.
SHATULSKY A.A.
SHERKUNOV V.G.
YAKOVLEV S.S.
YAMPOLSKY V.M.

This issue prepared with assistance of specialists:
DYUBKOVA N.V.
BELAVENTSEV R.Yu.
SERIKOVA E.A.

Journal is registered in State Committee of Russian Federation on printing. The certificate of registration ПИ № 77-12218 from 29.03.02

An advertiser is responsible for the promotional materials

Journal is spreaded on a subscription, which can be issued in any post office (index on the catalogue of the "Rospechat" agency **81580**, on the united catalogue "Pressa Rossii" **39205**, catalogue "Pochta Rossii" **60261**) or immediately in the editorial of the journal.

Ph.: (495) 268-47-19, 268-69-19
Fax: (495) 269-48-97
http://www.mashin.ru
E-mail: zpm@mashin.ru

CONTENTS

Tatarskikh B.Ya. Economic-organizing questions of development of blanking productions in mechanical engineering . . . 3

Casting and Welding Productions

Semenov M.V., Tochilkin V.V. System of the steel flows distribution in five-branch tundish ladle of the continuous caster . . . 9
Filinkov M.D., Shestopalov I.S. Centrifugal casting of the gray iron inoculated by the rare-earth elements . . . 12
Balabanov A.N. Manufacturability of welded and brazed joints . . . 14

Forging and Stamping Productions

To I.V. Klimov centenary . . . 24
Gafurov R.M., Klimychev S.B., Vladimirsky V.K. Development of cold volumetric forging on JSC "GAZ" . . . 25
Klimychev S.B., Zakharov D.G., Afanasiev A.A. Increasing of sheet stamping effectiveness with use of mathematical modeling on JSC "GAZ" . . . 27
Kolomensky L.N., Novaev V.V., Potapova A.N., Popov S.G. Modernization of the presses under japanese firm "Aida" license . . . 29
Galkin V.V., Dubinsky V.N., Korovin V.A., Pozdyshev A.I. Hot volumetric punching of round-shaped iron forgings in open stamp on screw hot-press . . . 31

Rolling and Drawing Productions

Kolesnikov A.G., Maksakov A.V., Ananyan A.S. Rework of the copper contact-wire line by the rolling–pressing-out–forging method . . . 34

Physical Metallurgy and New Materials

Muratov V.S., Svyatkin A.V. Perfection of manufacturing technology of ЛМЦА brass bars . . . 36
Druzhilov A.S., Konovalov S.V., Filipiev R.A., Gromov V.E. Research complex for creeping study . . . 39

Information

Pozharsky A.V., Kim G.P., Panfilov V.P. Perfection of heating processes in metallurgical shops of machine-building plants . . . 43
Metal and alloy castings. Dimensions and mass tolerances and machining allowances by GOST 26645–85. *(Continuation)* . . . 45
Kasatkin N.I., Belov A.V. Prediction of chap appearance during extrusion of copper alloys . . . 51
The resolution of Board of the directors of the factories of forge-and-press, foundry mechanical engineering and blanking productions–members of Russian Association "Stankoinstrument" . . . 53
Krainev A.F. Technique of working by pressure (insert)

Journal is included into the list of the Higher Examination Board for publishing the results of thesises for competition the academic degrees

Reprint is possible only with the reference to the journal "Blanking productions in mechanical engineering"

© "Mashinostroenie Publishers", "Blanking productions in mechanical engineering", 2007

УДК 338.45:621

Б.Я. Татарских *(Самарский государственный экономический университет)*

Организационно-экономические вопросы развития заготовительных производств в машиностроении

В комплексе мер, направляемых на повышение эффективности машиностроения, особое значение имеет заготовительное производство, в системе которого формируется потенциал конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Успешное развитие заготовительных производств создает объективные предпосылки снижения общих материально-энергетических и трудовых затрат, положительно влияя на показатели себестоимости производимых машин и оборудования. Повышение ресурсоотдачи в отрасли – важнейшее условие роста инвестиционной привлекательности машиностроительных предприятий, что также во многом определяется уровнем развития технологий на заготовительных стадиях производства современных машин и оборудования.

В системе заготовительных производств сложной инженерной проблемой является проблема снижения влияния отрицательных факторов энерготехнологической многоукладности и это в первую очередь относится к "стыкам" переделов, начиная с литейных цехов.

За последние 16 лет в развитие материально-технической базы заготовительных производств вложено в 4–5 раз меньше капитальных вложений относительно механообрабатывающих цехов. Наиболее сложная производственно-технологическая ситуация складывается в системе "металлургия–машиностроение", в которой традиционно очень медленно решаются технико-экономические вопросы оптимизации заготовок. Как показывают данные, не проводятся научные исследования тенденций структуры парка базового оборудования в заготовительных и обрабатывающих производствах, что снижает возможности управления технологическим уровнем в машиностроении. Потребности в основном технологическом оборудовании анализируются недостаточно глубоко и часто без привлечения ученых НИИ и ведущих технических вузов.

Значительный вклад в развитие технологии заготовительных производств машиностроения и металлообработки внес д-р техн. наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники РФ И.В. Климов, возглавлявший кафедру "Машины и технология обработки металлов" в Горьковском политехническом институте в 1956-1977 гг. (ныне Нижегородский государственный технический университет). Им было создано новое направление в области теории оптимизации энергетических параметров и методов расчетов оборудования для обработки металлов давлением. Многие идеи И.В. Климова реализованы на предприятиях ряда машиностроительных центров страны (Москва, Горький, Челябинск, Куйбышев, Свердловск) и сохранили свое значение и в настоящее время. Исследования показывают, что дальнейшее развитие методов обработки металлов давлением является важным технологическим резервом повышения эффективности машиностроительного производства.

Специалисты в России и за рубежом уже многие десятилетия ведут поиск путей уменьшения влияния отрицательных факторов технологической многоукладности в металлообрабатывающих производствах. В настоящее время нет научной концепции технологической политики в комплексе "Промышленная политика" ведущих подотраслей машиностроительного комплекса России, что не позволяет решать многие научно-методологические проблемы инновационной деятельности в этой отрасли. Это во многом связано и с разрушением технологического пространства, которое имело место в СССР. Данные показывают, что в стране усиливаются тенденции технологического отставания от Запада, которое способствует, к сожалению, импортозависимости по оборудованию в сфере металлообработки.

Исследования отечественных и зарубежных ученых показывают, что в перспективе 30–40 лет основным конструкционным материалом останется металл. Его доля будет составлять в общей массе примерно 60 %. Однако под влиянием научно-технического прогресса за рассматриваемый период существенно изменится структура производственного металлопотребления в связи с появлением функциональных заменителей металла. Дальнейшее применение получат разнообразные прогрессивные заменители металлов,

в числе которых следует выделить пластические массы, керамические композиционные материалы.

Основные виды продукции машиностроения России отличаются от продукции передовых промышленно развитых стран (США, Японии, Германии) высоким уровнем металлоемкости. По отдельным видам машин и оборудования этот уровень выше в 2,7–3,2 раза.

Машиностроители России при определении перспективной потребности в прогрессивных видах металлопродукции, как правило, приспосабливаются к нерационально сложившейся структуре металлообрабатывающего оборудования в отрасли, ориентируясь преимущественно на обработку металлов резанием, при которой коэффициент использования проката черных металлов остается низким во всех основных отраслях машиностроения и составляет около 0,72 при 0,86 в США (по данным 2004 г.).

Сортамент и качество черных металлов, выпускаемых отечественной металлургией, часто не отвечают возрастающим требованиям машиностроения, что сдерживает темпы роста эффективности многих смежных с машиностроением отраслей. В последние 25–30 лет учеными на различных уровнях обсуждаются научно-технические, организационно-экономические и другие проблемы повышения эффективности системы "металлургия–машиностроение" за счет оптимального сопряжения финишных операций в металлургии с заготовительными процессами в машиностроении, что могло бы способствовать выполнению прямых (без посредников) заказов машиностроителей в обеспечении их экономически оптимальными партиями проката и в необходимые сроки. Реально значимой качественной характеристикой развития технологии является структура обрабатываемого металла в машиностроении и металлообработке, которая отражает способы воздействия орудия на предмет труда (табл. 1).

Реализация достижений научно-технического прогресса способствует появлению новых марок стали особой прочности в различных отраслях машиностроения, но часто возникают технические сложности в использовании существующего парка ведущего металлообрабатывающего оборудования, что обуславливается прежде всего несоответствием между стойкостью режущего инструмента, приспособлений и мощностью электродвигателей станков. Аналогичное положение характерно и для кузнечно-прессового и кузнечно-штамповочного оборудования, где энергетический фактор играет еще бóльшую роль.

Развитие машиностроения страны предполагает непрерывное и значительное улучшение физических и механических свойств и расширения сортамента проката. Потребность машиностроения в фасонных профилях и профилях специального назначения пока

1. Динамика структуры металлопотребления по годам, % к итогу*

Вид производства	1980	1990	2000	2010 (прогноз)
Всего обработано металла	100	100	100	100
В том числе:				
в литейном производстве	38...47	36...45	33...42	31...40
в кузнечно-штамповочном производстве	18...28	20...30	22...32	24...34
в механическом производстве	37...42	30...40	27...38	28...36

*Оценка и расчет по предприятиям машиностроения Поволжья [1–4].

удовлетворяется в среднем не более чем на 45...50 %. В этой связи приходится использовать профили другой формы или другого размера с последующей обработкой резанием, что неизбежно ведет к существенным потерям металла.

Наиболее сложное положение создалось с листовой сталью и главным образом холоднокатаной. Однако пока вместо легких штампованных и сварных деталей приходится применять отливки, что увеличивает массу деталей и их стоимость в 1,8–2,5 раза. И несмотря на преимущество листоштампованных и сварных конструкций по сравнению с отливками, доля применения последних в некоторых отраслях массового машиностроения России значительно выше, чем в США. Использование отливок оправдано, когда они получены методом прецизионного литья по выплавляемым моделям или электрошлаковым способом. Однако доля таких отливок в России составляет в среднем не более 25...30 %. В машиностроении России за последние 30 лет очень медленно растет доля применяемых прогрессивных заготовок (табл. 2).

В числе проблем повышения эффективности заготовительных производств в машиностроении и металлообработке особое значение имеет материальное стимулирование экономии металла на всех уровнях производственной деятельности, начиная с рабочего места. Здесь важно точно измерить соответствующие параметры, по которым можно достаточно объективно судить о динамике коэффициента использования металла (КИМ) по базовым технологическим пределам. За последние 20–25 лет динамика этого коэффи-

2. Динамика структуры заготовок в машиностроении по годам, % к итогу*

Наименование	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Сварные металлоконструкции	48,3	50,0	51,2	51,6	51,9	53,0	55,0
Штамповки (горячие)	8,0	8,2	8,0	7,9	7,9	7,5	7,0
Поковки из слитков	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,5	1,5
Отливки, всего	41,6	39,7	38,8	38,6	38,2	38,0	39,0
В том числе:							
чугунные	30,0	28,28	27,3	26,8	26,0	27,0	26,0
стальные	9,7	9,3	9,0	8,9	8,7	9,6	9,0
цветные	1,9	2,07	2,2	2,5	2,9	3,4	4,0

*По данным [1–4].

циента очень незначительна и составляет в среднем около 0,72 (при 0,71 в 1985 г.).

Коэффициент использования основных конструкционных материалов в отечественном машиностроении при изготовлении заготовок обработкой давлением за последние 30 лет несколько повысился (табл. 3).

Классические методы обработки металла в машиностроении не могут обеспечить "прорыва" в сторону резкого повышения этого коэффициента. И по опыту передовых промышленных стран это можно сделать только благодаря коренному совершенствованию заготовительных производств и последовательного экономически рационального сопряжения системы "металлургия–машиностроение", т.е. там, где находятся главные резервы снижения металлоэнерго- и трудоемкости выпускаемой машиностроительной продукции. В этой связи требуется большая работа в сфере приоритетов по инвестированию прежде всего развития заготовительных производств.

В машиностроении России системно не ведутся работы по исследованию зависимости между объемом металлопотребления (по видам металла черного и цветного) и структурой основного металлообрабатывающего оборудования, что не позволяет оптимизировать материально-энергетические затраты, определяющие себестоимость производимых машин и оборудования. Это

3. Коэффициент использования материалов в машиностроении при изготовлении заготовок обработкой давлением по годам*

Заготовки	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005 (оценка)
Поковки:							
из проката кованные	0,74	0,79	0,81	0,82	0,82	0,83	0,84
из слитков кованные	0,65	0,65	0,66	0,67	0,68	0,68	0,69
горячештампованные	0,76	0,78	0,79	0,80	0,80	0,81	0,82
Заготовки:							
полученные холодной высадкой	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,92	0,93
полученные холодным выдавливанием	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94
полученные листовой штамповкой	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78	0,79	0,79
прессованные из пластмасс	0,91	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94
из пластмасс, отлитые под давлением	0,93	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97
полученные прессованием металлопорошков и твердых сплавов	0,90	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93

*По данным [1–4].

обстоятельство снижает эффект стимулирования конкретных работников предприятий за экономию металла, по "цепочке" основных переделов и цехов.

Особое внимание следует уделять организационно-техническим проблемам экономии металла за счет конкретных мероприятий на допроизводственной стадии современного машиностроительного производства с учетом постоянного роста цен на все виды металлопродукции, используемой в машиностроении. В процессе работ, связанных с техническим перевооружением предприятий, следует учитывать тенденции развития заготовительных производств и структурный потенциал ведущего технологического оборудования.

Станкостроители часто не учитывают динамику структуры базовых заготовок, которые подвергаются последующей обработке резанием или другим механическим способам обработки. Имеются данные, что станкостроители России, как правило, завышают энергомощности производимого оборудования в 1,5–2 раза по сравнению с оптимальным уровнем.

Многими учеными доказано, что развитие материально-технической базы предприятий машиностроения и их заготовительных производств во многом обусловливается энергетическим фактором, который все в большей степени определяет динамику способов воздействия на металл. Как показывают исследования, энергетическая совместимость технологий по основным переделам производства (заготовительным, обрабатывающим, сборочно-монтажным) является особым технико-функциональным и организационным фактором роста эффективности машиностроения России. Это является также и особым условием комплексной автоматизации предприятий машиностроения на базе широкого применения современных компьютерных технологий. Достижение энергетической совместимости часто требует коренного перевооружения энергетических хозяйств предприятий и обновления энергопотребляющего оборудования и прежде всего в заготовительных цехах. Энергофактор во многом определяет основные технологические параметры развития этих цехов.

Заготовительные производства большинства предприятий отечественного машиностроения значительно отстают от мирового уровня по масштабам производства точных заготовок примерно в 3–5 раз. В машиностроении страны пока мало средств выделяется для развития новых технологий в сфере производства прогрессивных материалов, что в итоге не позволяет повышать уровень качества выпускаемой продукции.

В машиностроении заготовительно-штамповочные технологии, основанные на традиционных методах формообразования, не обеспечивают заданной точности деталей, что приводит к дополнительным затратам последующих ручных операций. Во многих производствах изготовление деталей из труднообрабатываемых металлов: жаропрочных сплавов, титана, коррозионно-стойкой стали при листовой штамповке приводит к увеличению объема работ по доводке. В заготовительных производствах машиностроительных предприятий это обусловило разработку новых технологических процессов на основе применения импульсных методов формообразования, что позволило решить проблемы формообразования листовых деталей из труднообрабатываемых металлов, более высокой точности изготовления при значительном снижении трудоемкости тяжелых доводочных работ.

Основные преимущества импульсных методов формообразования в том, что резко увеличиваются удельные давления в процессе обработки металла, растет скорость формообразования, повышается качество деталей. Важно и то, что все высокоскоростные методы формообразования сокращают время на подготовку производства и в целом сокращают производственный цикл.

Качество производственного аппарата непосредственно сказывается на темпах производительности труда и общей эффективности труда и общей эффективности машиностроительного производства.

В машиностроении в 1985–2005 гг. резко ухудшились практически все основные технико-экономические характеристики производственного аппарата, который определяет технологический уровень производства. Следует учитывать, что этот уровень наиболее объективно отражает реальные возможности развития предприятий машиностроительного профиля.

Известно, что снижение технологического уровня любого производства обуславливается, прежде всего, ухудшением параметров ведущего оборудования и главным образом из-за морального и физического старения, когда резко ухудшаются базовые технико-экономические характеристики оборудования (например, производительность, точность выполнения технологических операций, техническая надежность по критерию безотказной работы и т.д.). В машиностроении России за последние 30 лет отмечается отрицательная тенденция – постоянное старение парка ведущего технологического оборудования (табл. 4).

Высокий износ оборудования не позволяет обеспечивать высокое качество обработки, что приводит к низкому уровню конкурентоспособности машиностроительной продукции. При этом устаревшее металлообрабатывающее оборудование требует больших затрат на его ремонт и техническое обслуживание.

Медленно решаются научно-методические проблемы прогнозирования производства и использования в машиностроении новых прогрессивных конструкционных и инструментальных материалов, оказывающих важное значение для ускорения развития базовых технологий в основных переделах машиностроительного производства. Здесь особая роль принадлежит "соединению" новых исходных конструкционных материалов и энергоносителей, обладающих высокими технико-экономическими характеристиками.

Наибольший эффект может быть получен в заготовительных производствах машиностроения, где есть современное металлообрабатывающее оборудование.

4. Динамика структуры парка металлообрабатывающего оборудования машиностроения по годам (на конец года), %*

Оборудование	1973	1980	1984	1989	1993	1998	2004
Металлорежущие станки, всего	100	100	100	100	100	100	100
В том числе после эксплуатации, лет:							
до 10	50,5	45,9	45,6	45,1	44,2	43,0	43,2
от 10 до 20	33,2	33,1	33,3	33,4	33,5	32,6	32,3
20 и более	16,3	21,0	21,1	21,5	22,3	24,4	24,5
Кузнечно-прессовые машины, всего	100	100	100	100	100	100	100
В том числе после эксплуатации, лет:							
до 10	51,8	50,0	50,5	50,6	50,1	49,6	48,9
от 10 до 20	30,6	29,7	29,5	29,5	29,6	29,9	30,3
20 и более	17,6	20,3	20,0	19,9	20,3	20,5	20,8

*По данным [1–4].

Как показывают данные, потенциал таких агрегатов в отечественном машиностроении используется недостаточно; их загрузка по времени составляет 5...10 %. Даже в системе предприятий машиностроения оборонного комплекса очень медленно внедряются новые конструкционные материалы на титановой основе и композиционные материалы, применение которых в транспортном машиностроении дает большой технический и экономический результат.

Появление новых организационно-правовых форм в системе управления крупными внутриотраслевыми комплексами (холдингами) может способствовать активизации инновационной деятельности, так как увеличиваются финансовые возможности. Это обуславливается и тем, что в холдингах создаются структурные подразделения, в составе которых имеются специалисты-профессионалы в области инновационного менеджмента и технологического маркетинга. Здесь определенную роль могут сыграть ресурсы финансово-промышленных групп, в составе которых имеются научно-исследовательские организации.

В настоящее время отмечается пассивная государственная политика в области развития современных технологий во всех отраслях экономики, что связано с отсутствием теоретико-методологических обоснований стратегии технологического развития базовых отраслей промышленности. Ориентация преимущественно на текущие задачи экономического развития связана в значительной мере с отсутствием промышленной и технологической политики в сфере основных отраслей экономики.

Уже более 10 лет заметно снижение "порога" технологической безопасности в системе наукоемких отраслей и, прежде всего, в машиностроительном комплексе. В этом комплексе, к сожалению, виден регресс во многих подотраслях, к которым относятся самолетостроение, станкостроение и др. Как отмечают ученые, практически во всех машиностроительных центрах страны имеется невостребованность сохранившегося по ряду элементов современного производства научно-технического потенциала. В машиностроительном комплексе недостаточно исследуются проблемы, связанные с реалиями энергоэкономической многоукладности, которая сдерживает "прорывные" прогрессивные технические решения, как в области орудий, так и предметов труда. В этой связи особая роль принадлежит целевым государственным программам. В основе целевой программы "Национальная технологическая база" лежит идея совершенствования технологических укладов.

Технологическая многоукладность отечественного машиностроения является одним из сдерживающих факторов, не позволяющих повышать технологический потенциал предприятий. Создание современных технологических укладов невозможно без дальнейшего снижения негативных последствий энергетической многоукладности в системе промышленной энергетики и оптимизации использования различных энергоносителей (в том числе электроэнергии различных параметров). В отличие от основного технологического оборудования уровень энерготехнологического оборудования имеет более низкие характеристики производственного "сопряжения" в системе комплекса классических переделов машиностроительного производства.

В качестве главных факторов, которые привели к падению эффективности развития технологий в машиностроительном комплексе страны в новых условиях хозяйствования следует выделить: несовершенство системы управления научно-технологическим прогрессом; разрушение единого организационно-экономического и научно-информационного пространства на межотраслевом и межрегиональном

уровнях; научно необоснованная приватизация госсобственности, приведшая к деформации всей научно-технической сферы, включая НПО, ОКБ, НИИ; отсутствие стратегии развития машиностроения и связанных с ним отраслей; малоэффективная система привлечения иностранных инвестиций в сферу высоких технологий отрасли; отсутствие инновационных ресурсов для опережающего развития приоритетных НИОКР (в том числе для расширения потенциала технологий "двойного" назначения); критически высокий физический износ ведущего оборудования большинства предприятий, выпускающих особо сложную и наукоемкую продукцию; отсутствие концепции подготовки инженерных кадров для наукоемких отраслей машиностроения на государственном уровне; низкий уровень инновационного менеджмента; невыполнение большинства государственных программ по развитию базовых технологий ведущих отраслей промышленности и прежде всего машиностроения; несовершенство механизма стимулирования создания прогрессивных технологий.

В машиностроении и металлообработке России (в системе ОПК) сохранились "заделы" по двойным технологиям производства прогрессивных конструкционных и инструментальных материалов, однако этот потенциал используется недостаточно из-за различных организационно-экономических причин. В том числе и потому, что государственные программы по развитию новых технологий практически не реализуются, что относится в первую очередь к созданию новых конструкционных материалов.

При действии рыночных механизмов существует проблема оценки степени объективности качества исходных материалов и ценностных ориентиров при их взаимозаменяемости. Оптимизация сортамента товарного проката на основе анализа конъюнктуры современного рынка средств производства позволяет металлургам обеспечивать управление прибылью для решения задач, связанных с перевооружением устаревших производственных фондов. Это особенно актуально, так как тарифная политика в энергетическом комплексе страны не способствует снижению себестоимости продукции металлургических предприятий и, соответственно, в машиностроении.

За последние 5 лет доля энергетических затрат в структуре себестоимости типичной металлопродукции возросла в 1,5–1,8 раза. В масштабах экономики страны наиболее сложной научно-методической проблемой остается (как и многие годы в прошлом) проблема точной оценки взаимодействия факторов тенденций структуры металлопроката и структуры парка основного технологического оборудования в машиностроении. Решение этой проблемы могло бы способствовать научному обоснованию стратегии развития станкоинструментальной промышленности страны. Маркетинг новых исходных металлов в качестве конструкционного материала в системе предприятий отечественного и зарубежного металлургического комплексов является важным условием эффективного развития металлоемких производств в машиностроении. Поэтому особое место занимает проблема повышения качества работы службы главного металлурга и взаимосвязанных с ней других технических структурных подразделений (отделов), например, главного технолога.

В рыночных условиях необходимо глубокое исследование положительных и отрицательных факторов, определяющих результативность хозяйствования в системе межотраслевых функционально-технологических связей предприятий металлургии и машиностроения. В машиностроении технологические службы (отделы) очень редко анализируют базовые технико-экономические параметры исходных конструкционных и инструментальных материалов, что приводит к неэффективным инженерным решениям. В первую очередь это относится к возможности замены черных и цветных металлов новыми материалами. Наиболее характерно это для автомобильной и авиационной промышленности.

Еще медленнее внедряются в машиностроении титановые и другие прогрессивные сплавы, определяющие во многих случаях динамику конкурентоспособности создаваемых машин, оборудования. Оптимизация структуры исходных конструкционных материалов на основе технико-экономических обоснований применительно к конкретным производственным условиям предприятий машиностроения является важным фактором снижения общей и удельной металлоемкости машин, оборудования.

Государственные заказы на разработку новых "прорывных" технологий должны иметь известные приоритеты, так как это может быть определенным условием интеграции нашей страны в мировую технологическую среду. И в этой связи инвестиции, преимущественно ориентированные на развитие прогрессивных технологий, должны быть экономически привлекательны и иметь определенную защиту со стороны государства.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Комплексная** программа научно-технического прогресса СССР на 1991–2010 годы / Машиностроительный комплекс. М.: АН СССР, 1988. 389 с.

2. **Семёнов Е.И., Трегубов Г.П.** Концепция восстановления и развития кузнечно-штамповочного производства в машиностроении России // Вестник машиностроения. 2000. № 2. С. 50–61.

3. **Татарских Б.Я.** Динамика материально-технической базы машиностроения России. Самара: Изд-во Самарского гос. экон. ун-та, 2005. 216 с.

4. **Татарских Б.Я.** Основные тенденции динамики структуры производственно-технологического потенциала машиностроения России / Препринт. Самара: Изд-во Самарского гос. экон. ун-та, 2005. 35 с.

Борис Яковлевич Татарских, д-р экон. наук

УДК 621.746.047:669.054.2

М.В. Семёнов, В.В. Точилкин *(Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова)*

Система распределения потоков стали пятиручьевого промежуточного ковша МНЛЗ

Рассмотрены способы удаления неметаллических включений в промежуточном ковше машины непрерывного литья заготовок. Для пятиручьевого промежуточного ковша разработана система направления потоков стали, позволяющая интенсифицировать процесс всплытия включений и повысить качество разливаемого металла. Предложена методика оценки эффективности системы, основанная на определении времени всплытия включений в выделенных характерных сечениях ковша и времени нахождения металла в ковше.

Ways of removal of nonmetallic inclusions in the intermediate ladle are considered. For five-stream intermediate ladles the system of the steel streams directioning allowing to intensify process of emersion of inclusions and to raise quality of spilled metal, has been developed. The method for the estimation of system effectiveness is offered.

Промежуточный ковш (ПК) является одним из основных агрегатов машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), его работа в значительной степени определяет устойчивость и стабильность процесса разливки. Основное назначение ПК – согласование поступления металла из сталеразливочного ковша в кристаллизатор с одновременным усреднением состава и температуры поступающей порции металла по ручьям МНЛЗ. Конструкция ПК оказывает большое влияние на качество разливаемого на МНЛЗ металла.

В металле, поступающем в ПК, содержатся неметаллические включения (НВ), которые с течением времени всплывают, поскольку плотность включений меньше плотности стали. НВ принято разделять на крупные, размером более 20 мкм, и мелкие – менее 20 мкм [1].

Разработано, как минимум, два способа интенсификации процесса всплытия включений. Мелкие НВ удаляют при помощи продувки расплава инертным газом, крупные, как правило, – с помощью вспомогательных устройств ПК специальной конструкции. Форма и расположение данных устройств позволяет создать восходящие потоки металла и, тем самым, увеличить скорость всплытия НВ. Обозначим устройства для продувки расплава инертным газом пневмодинамическими устройствами (ПДУ), а устройства, интенсифицирующие всплытие НВ за счет создания восходящих потоков металла, – гидродинамическими устройствами (ГДУ). В настоящий момент на практике широко применяются ГДУ трех видов: пороги, перегородки и турбогасители [2, 4].

Перечисленные устройства прекрасно зарекомендовали себя при оснащении ПК с четным числом ручьев (рис. 1). Однако известны конструкции ПК с нечетным числом ручьев, в частности сортовых МНЛЗ, в которых требуется не только улучшить усло-

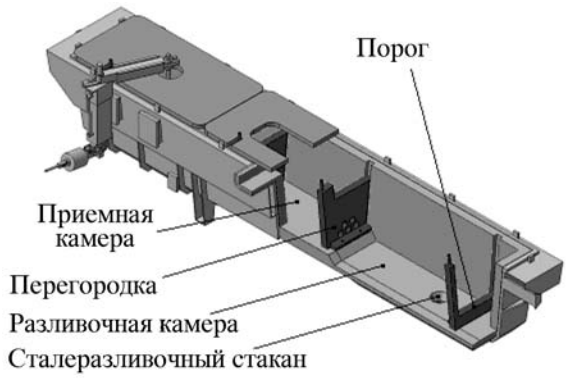


Рис. 1. Промежуточный ковш с четным числом ручьев

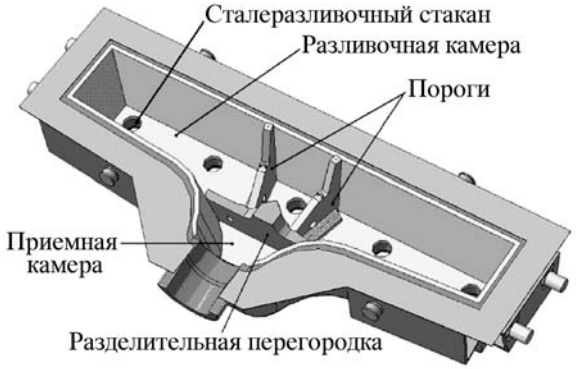


Рис. 2. Система распределения потоков стали пятиручьевого промежуточного ковша

вия всплытия, но и перераспределить металл равномерно между ручьями.

Для достижения поставленной цели разработана и изготовлена система распределения потоков стали (СРП), состоящая из разделительной перегородки и вспомогательных порогов [5], обеспечивающих устойчивость конструкции (рис. 2). Пороги выполнены одним целым с ПДУ, состоящим из прерывистого щелевого сопла и газоподводящего канала.

Для определения оптимальных размеров СРП разработана методика расчета ГДУ, суть которой состоит во введении количественного показателя эффективности работы ГДУ или СРП – коэффициента эффекта E и в последующем его определении, через известные величины потока металла в выделенных характерных сечениях ПК.

Указанный коэффициент определяют через известные показатели: коэффициенты рафинирования K или через концентрации НВ в заготовке [3]:

$$E = \frac{K_1}{K_2} = \frac{C_2}{C_1}, \qquad (1)$$

где K_1 и K_2 – коэффициенты рафинирования сравниваемых ПК; C_1 и C_2 – концентрации включений в заготовках сравниваемых ПК.

Коэффициент K определяют по зависимости

$$K = k\frac{t_м}{t_в}, \qquad (2)$$

где $t_м$ – время нахождения металла в ПК, с; $t_в$ – время всплытия включений, с; k – обобщенный коэффициент, определяемый эмпирически.

Характерные сечения выделяют в местах установки ГДУ (рис. 3) с таким расчетом, чтобы скорости течения металла и распределение включений в нем были однозначно определимы.

Время всплытия включений определяют по зависимости

$$t_в = \frac{S_{3ср}}{U_{3ср}}, \qquad (3)$$

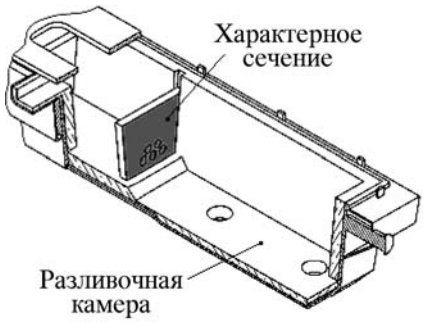


Рис. 3. Положение характерных сечений в промежуточном ковше

где $S_{3ср}$ – среднее расстояние от НВ до зеркала металла, м; $U_{3ср}$ – средняя скорость всплытия НВ, м/с.

Средняя скорость всплытия НВ

$$U_{3ср} = \frac{1}{18} g d^2 \frac{\rho - \rho_{НВ}}{\mu c_f} + V_{3ср}, \qquad (4)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с; d – диаметр НВ, м; ρ и $\rho_{НВ}$ – соответственно плотности стали и НВ; μ – коэффициент динамической вязкости стали, Па·с; $c_f = 0{,}35...0{,}48$ – коэффициент сопротивления; $V_{3ср}$ – средняя скорость потока в рассматриваемом сечении в направлении зеркала металла, м/с.

Время нахождения металла в ПК может быть определено по формуле

$$t_{м.ср} = \int_{\sigma} \frac{d\sigma}{Q}, \qquad (5)$$

где σ – выделенный объем ПК, занятый металлом, м^3; Q – расход металла через выделенный объем, м^3/с.

Неизвестный коэффициент k в формуле (2) определяли эмпирически с помощью численного моделирования процесса рафинирования в двухручьевом ПК при последовательной установке трех различных вариантов перегородок и трех порогов различной высоты. Диаметры включений принимали размерами от 5 до 50 мкм. Математическая модель состояла из уравнения Навье–Стокса и уравнения конвекции-диффузии, которое было дополнено с учетом всплытия НВ:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial V}{\partial t} + (V \cdot \nabla)V = F - \dfrac{1}{\rho}\mathrm{grad}p + \nu\nabla^2 V; \\ \nabla V = 0; \\ U\,\mathrm{grad}C - D\nabla^2 C = 0; \\ U = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 + \dfrac{1}{18} g d^2 \dfrac{\rho - \rho_{НВ}}{\mu c_f} \end{bmatrix}, \end{cases} \qquad (6)$$

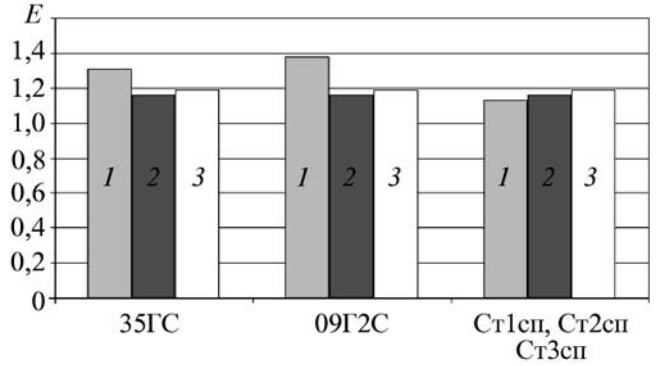


Рис. 4. Сравнение коэффициентов эффекта *E*, полученных теоретически, численным моделированием и в результате промышленных испытаний:
1 – промышленные испытания; *2* – численное моделирование; *3* – разработанная методика

где V – вектор скорости стали; F – объемные силы; p – давление жидкости; ν – коэффициент кинематической вязкости стали; U – вектор скорости НВ; D – коэффициент диффузии; C – концентрация включений.

Граничные условия принимали типовыми: на стенках условие прилипания жидкости и условие непроницаемости включений; на поверхности принимали условие непроницаемости жидкости и условие проницаемости НВ, что соответствует ассимилирующей способности шлака; поток из защитной трубы принимали равным V_0 и обладающим концентрацией $C_1 = 1$; в сталеразливочных стаканах принимали граничные условия $p_0 = 0$ и условие проницаемости НВ. Для стабилизации решения использовали механизм диффузионной стабилизации.

В результате моделирования и последующего измерения концентраций НВ в сталеразливочных стаканах определены обобщенные коэффициенты k для перечисленных видов ГДУ. Для ПК без ГДУ среднее значение k принимают равным 0,343 для мелких НВ и 0,473 – для крупных. Для ПК, оснащенных перегородками или порогами, среднее значение k принимают равным 0,054 для мелких НВ и 0,091 – для крупных.

Сравнение коэффициента эффекта разработанной СРП, определенного теоретическим путем, с результатами численного моделирования и промышленных испытаний (рис. 4) показывает хорошее соответствие. При определении экспериментального значения коэффициента эффекта использовали данные эксплуатации трех промежуточных ковшей сортовой МНЛЗ электросталеплавильного цеха ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат" во время разливки стали марок 35Г, 09Г2С, Ст3сп, Ст2сп и Ст1сп. Коэффициент эффекта определяли как среднюю величину отношений показателей макроструктуры заготовок, полученных на контрольном ПК, к соответствующим показателям заготовок опытного ПК.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ефимов Г.В.** Управление процессом рафинирования стали в промежуточном ковше // Сталь. 2001. № 4. С. 24–27.

2. **Процессы** непрерывной разливки: Монография / А.Н. Смирнов, В.Л. Пилюшенко, А.А. Минаев и др. Донецк: ДонНТУ, 2002. 536 с.

3. **Дюдкин Д.А., Бать С.Ю. и др.** Производство стали на агрегате ковш-печь / под ред. Д.А. Дюдкина. Донецк: ООО "Юго-Восток, Лтд", 2003. 300 с.

4. **Пат.** 38654 U1 РФ, МКИ B22D 41/00. Промежуточный ковш для непрерывной разливки металла/ А.А. Морозов, В.Ф. Дьяченко, В.М. Корнеев, К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, М.В. Семенов, В.А. Осипов, В.Н. Кунгурцев. // Опубл. 10.07.2004, БИ ПМ № 19.

5. **Пат.** 44557 U1 РФ, МКИ B22D 41/00. Промежуточный ковш для непрерывной разливки металла / В.Ф. Рашников, Р.С. Тахаутдинов, В.М. Корнеев, К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, М.В. Семенов, В.А. Осипов, В.Н. Кунгурцев, В.Г. Овсянников. // Опубл. 27.03.2005, БИ ПМ № 9.

Максим Викторович Семёнов, инженер;
Виктор Васильевич Точилкин, канд. техн. наук

УДК 621.74: 669.16

М.Д. Филинков, И.С. Шестопалов *(Курганский государственный университет)*

Изготовление отливок из РЗМ-чугуна в силовом центробежном поле

Приведены результаты исследования влияния редкоземельных элементов церия и иттрия и параметров центробежного поля, создаваемого во вращающейся металлической форме, на плотность и износостойкость отливок из серого чугуна.

The paper considers the investigations results of rare-earth metals and centrifugal casting parameters influence on compactness and durability of gray iron castings.

Существенное влияние на формирование структуры и механических свойств отливок, получаемых в условиях непрерывного вращения литейной формы, оказывают параметры силового центробежного поля. Однако недостаточность обоснованных данных для определения величины этих параметров затрудняет изготовление качественных отливок с высокой размерной точностью и заданными механическими и физическими свойствами.

Для реализации этих целей изучали влияние частоты вращения литейной формы, температуры жидкого металла и параметров литейной формы на формирование структуры и механических свойств модифицированного РЗМ серого чугуна СЧ20.

Отливки изготовляли по методике [1], которая позволяет изучать влияние технологических факторов при сохранении постоянными других общих условий эксперимента.

Температуру заливки выбирали равной 1340...1360 °С; температуру формы перед заливкой поддерживали в пределах 190...210 °С; заливку проводили со скоростью 5 кг/с. Частоту вращения формы рассчитывали по уравнению

$$n = 10^3 \sqrt{\frac{2H - (D-d)\mathrm{tg}\alpha}{2{,}6\rho(D^2 - d^2)}},$$

где H – высота отливки, мм; D и d – наружный и внутренний диаметры отливки соответственно, мм; ρ – плотность металла, г/см^3; α – угол наклона оси вращения к горизонту, °.

Механические свойства (предел прочности при растяжении и твердость) РЗМ-чугуна в отливках определяли на стандартных образцах диаметром 10 мм и длиной 45 мм.

Анализ полученных данных показал, что наиболее высокими механическими свойствами обладают образцы, вырезанные из наружной зоны ($\sigma_в$ = = 300...320 МПа). Сравнение значений прочностных характеристик, полученных при испытании образцов, вырезанных из толстостенных отливок (до 30 мм), залитых при различных скоростях вращения формы, показывает, что предел прочности при растяжении металла наружной зоны увеличивается с повышением частоты вращения, а металла внутренней зоны, расположенной ближе к оси вращения, – несколько уменьшается (200...260 МПа).

Следовательно, для получения равномерных значений механических характеристик металла по толщине стенки отливки не рекомендуются повышенные частоты вращения. Сочетание прочностных свойств по сечению толстостенных отливок наиболее благоприятно при частоте вращения 600...750 мин$^{-1}$. При частоте вращения менее 450 мин$^{-1}$ возрастает разница в свойствах как в осевом, так и радиальном направлениях отливки.

Измерение твердости по Бринеллю на внутренней и наружной поверхностях центробежных изделий показало, что в толстостенных отливках с ростом частоты вращения формы твердость на наружной поверхности несколько увеличивается (до 241 HRB), в то время как на внутренней поверхности она практически не меняется и составляет 187...229 HRB. При этом твердость центробежных отливок заметно превышает соответствующий показатель в отливках из того же сплава, полученных в стационарных формах при воздействии только гравитационного поля и металлостатического напора (187...207 HRB).

Исследование макро- и микроструктуры сплава проводили на темплетах, вырезанных из средней по высоте и толщине части отливки.

В толстостенных отливках структуры наружной и внутренней поверхностей, как правило, отличаются размерами графитных включений. Для наружной поверхности характерна четко выраженная зона мелких включений пластинчатого графита типа ПГф2 (ГОСТ 3443–87), длиной включений 45 мкм, в то время как на внутренней поверхности более крупные пластины 180 мкм (рисунок). Эта зависимость является справедливой для всех исследованных условий получения отливок: частоты вращения, температуры и скорости заливки металла и внепечного модифицирования.

а)

б)

Микроструктура немодифицированного (*а*) и модифицированного РЗМ (*б*) чугуна СЧ20, ×100 (не травлен)

1. Средняя плотность серого чугуна

№ п/п	Количество присаживаемого в ковш модификатора, % от массы металла	Масса темплета на воздухе, г	Масса темплета в керосине, г	Разность масс темплетов, г	Средняя плотность, г/см^3
1	0,02	100,15	86, 07	14,03	7,11
2	0,04	101,85	87,66	14,08	7,17
3	0,06	96,24	83,16	13,08	7,19
4	0,08	97,83	84,54	13,29	7,25

Примечание. Время выдержки расплава в ковше 180 с.

Размер графитных включений в наружной и внутренних зонах отливки менялся в зависимости от параметров технологии. Например, увеличение частоты вращения формы способствовало некоторому их росту на внутренней поверхности и значительному измельчению на внешней (до 25 мкм). Вследствие ускоренной кристаллизации сплава во вращающихся формах структура отливок была более плотной и мелкозернистой.

Следовательно, изменяя частоту вращения формы, можно управлять структурой сплавов, затвердевающих во вращающихся формах, их механическими свойствами в наружных и внутренних слоях отливки.

Провели исследование в целях получения во вращающейся форме стабильных твердости и прочности и снижения износа рабочей поверхности в условиях сухого трения чугуна следующего состава, % мас.: 3,34 C; 2,00 Si, 0,60 Mn; 0,075 P; 0,094 S. Чугун обрабатывали РЗМ-лигатурой ФС50РЗМ20 (ТУ 14-5-167–87) из расчета 0,08...0,10 % от массы жидкого металла.

С увеличением частоты вращения формы при постоянной скорости заливки создаются более благоприятные условия для ускорения затвердевания наружных слоев отливки за счет обеспечения хорошего питания кристаллизующейся области поступающим в форму металлом. В этих условиях формируется мелкий графит, повышается плотность и уменьшается ликвация компонентов сплава.

Внутренние слои отливки кристаллизуются в условиях снижения скорости затвердевания и прекращения поступления в форму жидкого металла. При этом ухудшается питание кристаллизующего слоя, что вызывает увеличение пористости. При замедленном охлаждении растет размер графита. Все это приводит к понижению механических свойств внутреннего слоя толстостенных отливок при увеличении скорости вращения формы.

При этом в структуре металла, как наружной, так и внутренней поверхности отливок, происходит выравнивание количества и размеров графитных включений.

Плотность металла изучали методом гидростатического взвешивания в керосине при температуре 18...20 °С. Усредненные результаты измерений плотности в зависимости от количества вводимого модификатора приведены в табл. 1.

Видно, что с увеличением количества вводимых в чугун РЗМ плотность отливок возрастает.

В связи с переводом изготовления части деталей во вращающиеся металлические также провели исследование влияния модификатора ФС50РЗМ20 на склонность центробежного РЗМ-чугуна к отбелу.

На изломе клиновидной пробы немодифицированного чугуна наблюдали отбел по всему сечению. Введение в ковш модификатора в количестве 0,08 % (от массы металла) способствовало полному устранению отбела проб с толщиной острия клина 6 мм.

Лабораторные испытания износостойкости серого чугуна, как исходного, так и модифицированного, выполняли в условиях сухого и граничного трения (табл. 2). Из таблицы видно, что скорость изнашивания модифицированного чугуна в 1,3 раза меньше, чем немодифицированного.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что модифицирование серого чугуна РЗМ-лигатурой и применение центробежного литья повышают физико-механические и эксплуатационные свойства

2. Сравнение износа модифицированного и немодифицированного чугунов

Характеристика износа	Чугун	
	СЧ25 немодифицированный	СЧ25 модифицированный
Линейный износ $\Delta h_{ср}$, мм	0,0728	0,0501
Скорость изнашивания $V_{изн}$, мкм/ч	8,730	6,362

отливок по сравнению с отливками, изготовленными традиционным способом. Центробежное поле создает благоприятные условия для ускоренного затвердевания жидкого металла. В таких условиях, как правило, формируется мелкий графит. Замедление затвердевания и прекращение действия РЗМ-лигатуры во всех случаях вызывают рост и огрубление включений графита, снижение плотности металла отливки и ускорение износа рабочих поверхностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Филинков М.Д., Афонаскин А.В., Савиных Л.М. и др.** Влияние РЗМ на плотность и износостойкость серого чугуна // Литейное производство. 1997. № 5. С. 27–28.

Михаил Дмитриевич Филинков, канд. техн. наук;
Иван Семенович Шестопалов, инженер

А.Н. Балабанов

Технологичность сварных и паяных соединений

Приведены основные принципы технологичности конструкции сварных и паяных соединений, изготовляемых различными способами сварки и пайки.

The paper considers the main principles of manufacturability of welded and brazed joints made by different methods.

Свариваемость основных конструкционных материалов

К основным конструкционным материалам относятся: углеродистые, низколегированные и жаропрочные стали, титановые и алюминиевые сплавы.

Углеродистые и низколегированные конструкционные стали. Стали этого класса обладают хорошей свариваемостью. Основной особенностью дуговой сварки является выбор такого способа сварки, при котором протяженность участков зоны термического влияния, где произошло изменение свойств основного металла под действием термического цикла сварки (разупрочнение или закалка), была бы минимальна. Это зависит от режимов сварки, состава и толщины металла и конструкции сварного соединения. Для предупреждения трещин при сварке высокоуглеродистых и низколегированных сталей рекомендуется предварительный подогрев конструкций до 350...400 °С, а после сварки – высокотемпературный отпуск для восстановления пластичности сварного соединения и снятия внутренних напряжений.

Рекомендуемые способы дуговой сварки: ручная, автоматическая и полуавтоматическая, под слоем флюса и в углекислом газе. Оценку технических возможностей дуговых способов сварки стыковых соединений проводят по толщинам деталей (табл. 1).

Контактной точечной и шовной сваркой свариваают листы, профили и детали толщиной 0,3...3 мм. Соотношение толщин свариваемых деталей не должно превышать 3:1. При бóльших соотношениях толщин нарушается стабильность механических свойств. При сварке узлов и конструкций ответственного назначения применяют электронно-лучевую сварку, при которой обеспечивается сварка деталей толщиной до 30...60 мм.

1. Предельные толщины свариваемых деталей из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей, мм

Шов	Характер свариваемых кромок	Способ сварки					
		Автоматическая		Полуавтоматическая		Ручная	
		под флюсом	в углекислом газе	под флюсом	в углекислом газе	под флюсом	в углекислом газе
Односторонний	Без разделки кромок	14	8	8	6	4	7
	С разделкой кромок	28	–	12	9	8	11
Двусторонний	Без разделки кромок	20	19	12	9	7	10
	С разделкой кромок	50	–	20	16	13	18

2. Предельные толщины свариваемых деталей из коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов, мм

Шов	Характер свариваемых кромок	Способ сварки							
		Ручная дуговая				Автоматическая		В защитном газе	
		ручная	в защитном газе			под флюсом	электрошлаковая	*W*	П
			Ar		CO_2				
			W	П					
Односторонний	Без разделки кромок	5	3	5	5	12	200	3	5
	С разделкой кромок	12	8	10	10	50	–	7	12

Примечание. *W* – сварка неплавящимся электродом; П – сварка плавящимся электродом.

Коррозионно-стойкие, жаропрочные стали и сплавы. Стали и сплавы этого класса обладают хорошей свариваемостью. Однако теплофизические свойства и склонность к образованию в шве и околошовной зоне горячих трещин определяют некоторые общие особенности их сварки. Характерные для большинства сталей и сплавов низкая теплопроводность и высокий термический коэффициент линейного расширения обусловливают при прочих равных условиях (способе сварки, форме кромок, жесткости соединения и др.) расширение зоны проплавления и областей, нагретых до различных температур, и увеличение суммарной пластической деформации металла шва и околошовной зоны. Это увеличивает коробление конструкций. Поэтому для этих сталей и сплавов следует применять способы и режимы сварки, характеризующиеся максимальной концентрацией тепловой энергии. Оценка технических возможностей дуговых способов сварки по толщине детали приведена в табл. 2.

Для сварки жаропрочных сталей и сплавов больших толщин (до 30 мм) находит применение электронно-лучевая сварка. Возможность сварки за один проход зависит от формы шва и является важным технологическим преимуществом этого способа сварки. Контактной точечной и шовной сваркой сваривают детали толщиной 0,05...6 мм. Соотношение толщин свариваемых деталей не более 5:1.

Титан и его сплавы. Основная проблема свариваемости титановых сплавов – получение сварных соединений с хорошей пластичностью, зависящей от качества защиты и чувствительности металла к термическому циклу сварки. Насыщение металла шва кислородом, азотом и водородом в процессе сварки резко снижает пластичность и предел длительной прочности сварных конструкций. Поэтому зона сварки, ограниченная изотермой 350 °С, должна быть тщательно защищена от взаимодействия с воздухом (сварка в инертных газах, под специальными флюсами, в вакууме).

Сварка без защиты возможна при сварке давлением, когда благодаря высокой скорости процесса и вытеснению продуктов окисления при давлении (контактная сварка) не происходит насыщения шва кислородом.

Отсутствие высокого нагрева (ультразвуковая сварка) уменьшает опасность активного взаимодействия титана с воздухом в зоне сварки. Оценка технических возможностей дуговых способов сварки по толщине детали приведена в табл. 3.

Электронно-лучевая сварка титана обеспечивает наилучшие условия защиты. Высокая концентрация энергии позволяет вести сварку на высоких скоростях с глубоким проплавлением. Область рекомендуемых свариваемых толщин 8...25 мм.

Алюминий и его сплавы. Широкое применение алюминиевых сплавов обусловливается их малой плотностью, высокой удельной прочностью и коррозионной стойкостью. При сварке плавлением алюминиевых

3. Предельные толщины свариваемых деталей из титана и его сплавов, мм

Шов	Способ сварки								
	Ручная дуговая	Полуавтоматическая	Автоматическая электродом		Сжатой дугой	Автоматическая		Электрошлаковая	
			без присадочной проволоки	с присадочной проволокой		плавящимся электродом	под флюсом	проволокой	плавящимся мундштуком
Односторонний	3,5	4...12	0,8...3	1...10	0,6...16	4...30	2,5...10	40...160	100...400

4. Предельные толщины свариваемых деталей из алюминия и его сплавов, мм

Шов	Способ сварки						
	Ручная	Автоматическая электродом		Подгруженной дугой	Плавящимся электродом		Микроплазменная
		без присадочной проволоки	с присадочной проволокой		автоматическая	полуавтоматическая	
Односторонний	0,8...3	1...3	1...4	6...25	3...15	2...15	0,2...1,5

сплавов наиболее рациональным типом соединений является стыковое, которое можно выполнить любым способом. При разделке кромок угол их раскрытия необходимо ограничить в целях уменьшения объема наплавленного металла. Для точечной и шовной контактной сварки характерны нахлесточные соединения. При этом соотношение толщин свариваемых деталей, как правило, не превышает 1:2. Для оценки технических возможностей дуговых способов сварки по толщине деталей может служить табл. 4.

Контактную сварку (точечную и шовную) применяют для соединения листов и профильного проката преимущественно из сплавов АМц, Д16, АМг6. В настоящее время находит применение электронно-лучевая сварка деталей из алюминиевых сплавов больших толщин 6...20 мм, обеспечивающая хорошее качество сварного шва.

Обеспечение технологичности типовых конструкций сварных соединений

Дуговая сварка. Этот способ сварки широко используется при изготовлении разнообразных силовых конструкций: балок, стоек, стержней, ферм и др.

Наиболее часто применяют сварные балки двутаврового и коробчатого сечения и значительно реже – профильного (рис. 1). Отдельные элементы этих конструкций могут быть выполнены из листового материала. Свободный доступ к месту расположения швов дает возможность при изготовлении балок большой протяженности применять автоматические и механизированные способы сварки.

Более рациональны конструкции, в которых отдельные элементы выполнены из фасонного профиля: угловой стали (с полками равной и неравной ширины), швеллеров, тавровых и двутавровых балок и т.д. Эти элементы при относительно небольших площадях поперечного сечения и малой массе обладают большой жесткостью, что является важным при работе элементов на изгиб, продольное сжатие и кручение.

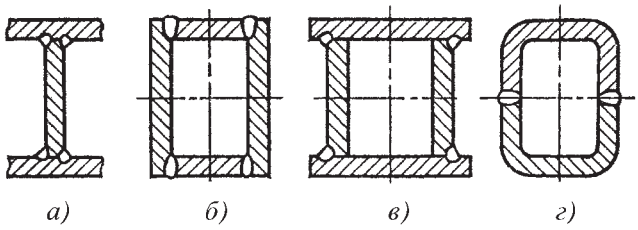


Рис. 1. Поперечные сечения сварных балок:
а – двутавровое; *б*, *в* – коробчатое; *г* – профильное

С другой стороны, применение профильных элементов в сварных конструкциях в значительной мере может снижать трудоемкость их изготовления за счет снижения числа выполняемых швов. Примеры таких конструкций приведены на рис. 2.

При выполнении Т-образных соединений необходимо учитывать особенности дуговой сварки. Во избежание оплавления кромок полки выполняют толщиной более 3 мм, оптимальное расстояние от кромки полки до стенки стойки должно быть на 3...5 мм больше катета углового шва. В тех случаях, когда толщина листа менее 3 мм, это расстояние должно быть не менее 20...25 мм.

Тавровые соединения наиболее часто используют при изготовлении ребер жесткости, раскосов стоек и балок (рис. 3 и 4).

При дуговой сварке (и особенно протяженными швами) ферм, балок, стоек могут возникать значительные деформации, приводящие к изгибу, потере устойчивости или закручиванию изделия. Уровень этих деформаций зависит от точности сборки, способа сварки и применения специальных приспособлений. Для снижения деформации необходимо, чтобы сварные соединения элементов в конструкции располагались так, чтобы сумма статических моментов объ-

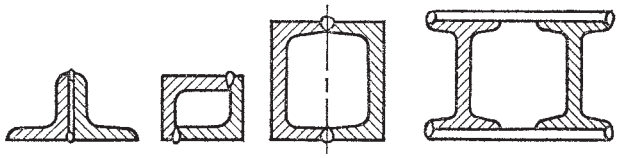


Рис. 2. Примеры поперечных сечений сжатых стоек

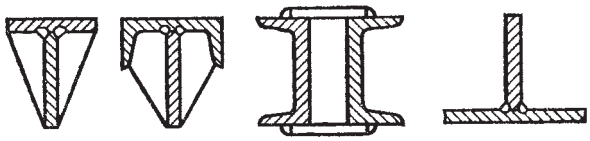


Рис. 3. Типы поперечных сечений стержней ферм

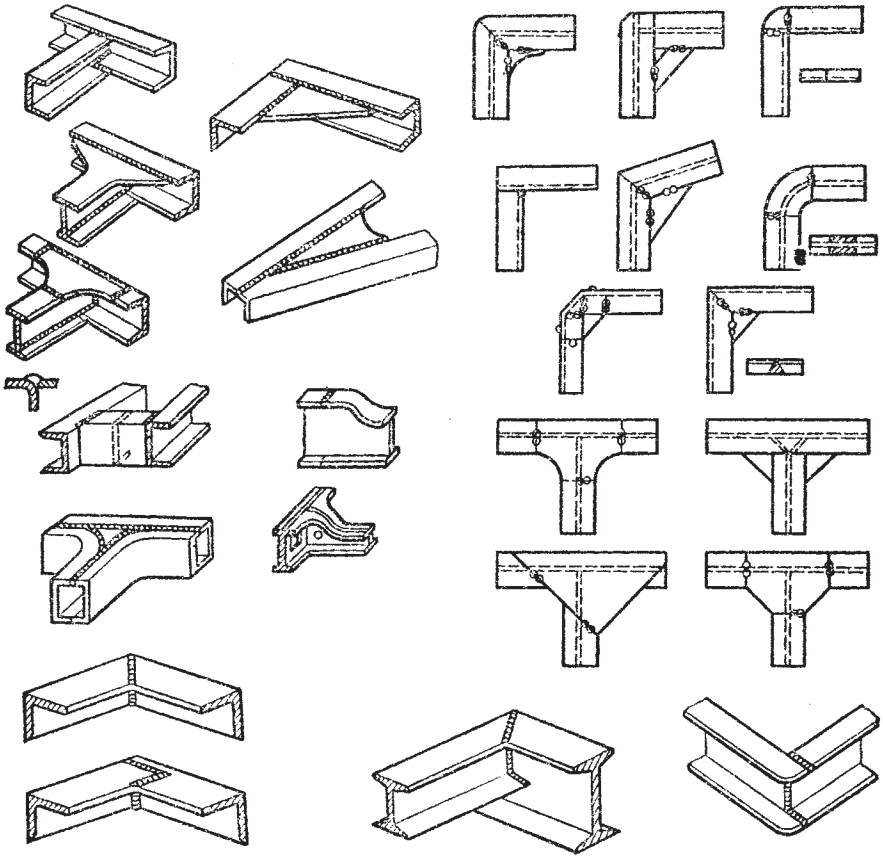


Рис. 4. Соединения балок различных профилей

Дуговая сварка находит применение при изготовлении листовых конструкций. Как правило, это баки различного назначения, цистерны, резервуары – хранилища цилиндрической или шаровидной формы и т.п. Примеры таких конструкций приведены на рис. 6, 7 и 8. Технологичность этих конструкций во многом зависит от правильного выбора типа соединений, их размеров и способа сварки. Для дуговой сварки наиболее рациональным является соединение встык (рис. 7, *а*). Нахлесточные соединения (рис. 7, *б*) или с двойной отбортовкой являются нерациональными, так как в зоне соединений резко повышается концентрация напряжений и снижается прочность.

Нахлесточное соединение иногда применяют при изготовлении крупногабаритных резервуаров-хранилищ с составными стенками в цилиндрической части. Однако при этом резко повышается объем сварочных операций, так как число сварных швов для обеспечения нееема металла швов относительно центра тяжести сечения элемента была близка к нулю. Поэтому при изготовлении ребер жесткости, тавровых и двутавровых балок следует выполнять сварку прерывистыми швами, швы в элементах рекомендуется выполнять симметрично, избегать пересекающихся швов или их скоплений (рис. 5).

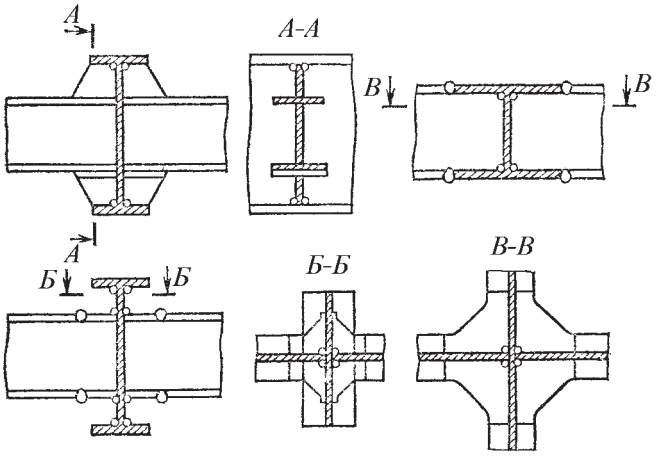


Рис. 5. Сварные соединения балок двутаврового профиля между собой

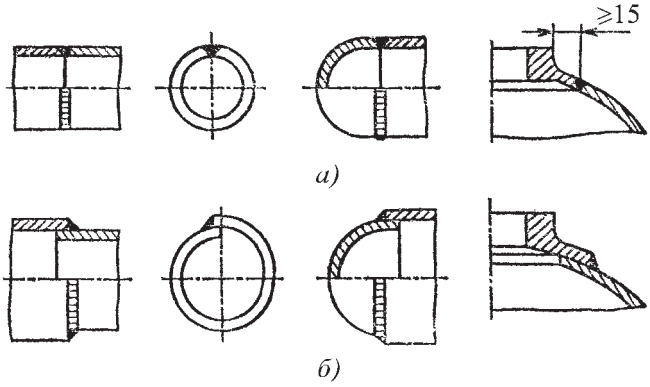


Рис. 6. Рациональные (*а*) и нерациональные (*б*) конструкции, выполненные дуговой сваркой

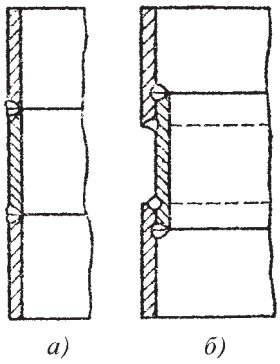


Рис. 7. Сварные конструкции обечаек резервуаров хранилищ

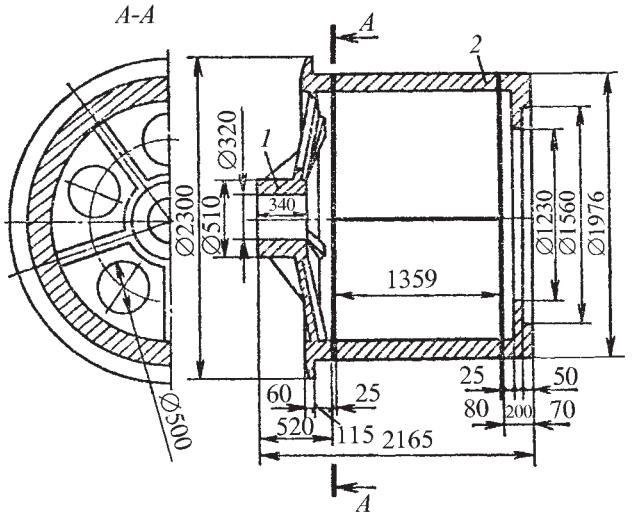


Рис. 8. Конструкция сварного барабана

обходимой прочности нахлесточных соединений требуется удваивать.

Дуговую сварку используют при изготовлении деталей общемашиностроительного применения. К их числу относят барабаны, зубчатые колеса, маховики, шкивы, валы, корпуса редукторов и т.д. (рис. 9). При проектировании этих деталей необходимо обоснованно подходить к выбору материала конструкции, учитывать его чувствительность к термомеханическому циклу сварки, использовать прогрессивные высокопроизводительные методы сварки (автоматическую под флюсом, в среде защитных газов, электрошлаковую).

Контактная сварка. Контактную точечную и шовную сварку применяют при производстве изделий из гнутых и прессованных профилей. Это могут быть балки, фермы, ребра жесткости, стойки и т.п. (рис. 10). При изготовлении подобных конструкций сварные точки необходимо располагать по возможности в зонах, удаленных от зон пластического деформирования.

Конструкции балок, показанные на рис. 10, *а* и *б*, являются наиболее рациональными, так как обеспечивают свободный подход электродов к месту сварки. Соединения в этих конструкциях – связующие, которые служат для фиксации элементов относительно друг друга. Конструкции, показанные на рис. 10, *в* и *г*, технологически нерациональны, так как требуют применения фигурных электродов либо специальной конструкции электрододержателей.

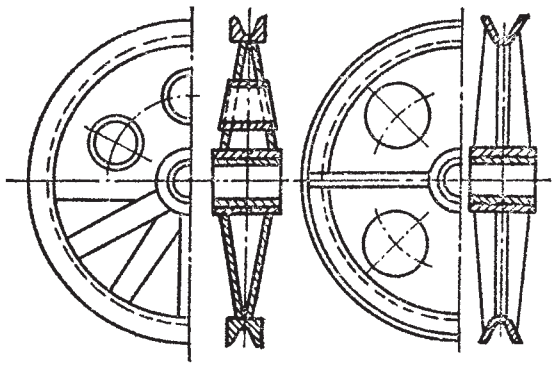


Рис. 9. Сварные шкивы

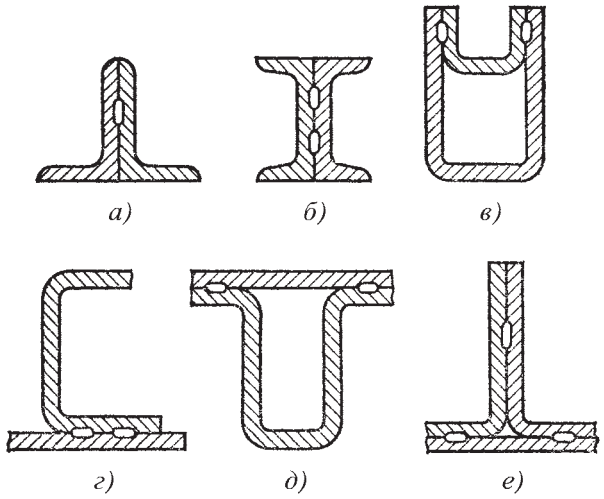


Рис. 10. Поперечные сечения балок, выполненные точечной сваркой

Балки, выполненные по схеме, показанной на рис. 10, *д* и *е*, обладают большей жесткостью. В этих конструкциях соединения являются рабочими, поэтому требования к качеству их выполнения резко возрастают.

Прочностные характеристики точечного соединения зависят от ряда факторов и, в первую очередь, от его геометрических размеров и характера нагружения. Поэтому точки в сварной конструкции следует располагать таким образом, чтобы они воспринимали преимущественно усилия среза, а не отрыва. На рис. 11, *б* конструкция нерациональна, точки в ней работают на отрыв, а на рис. 11, *а* – более рациональна, однако при малых размерах профиля его сварка с проушинами будет затруднительна из-за плохого доступа с внутренней стороны.

С этих позиций технологически наиболее рациональными являются конструкции открытого типа, которые следует сваривать прямыми швами большой

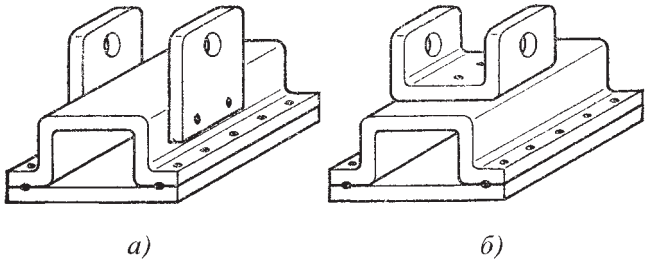


Рис. 11. Рациональная (*а*) и нерациональная (*б*) конструкции соединения

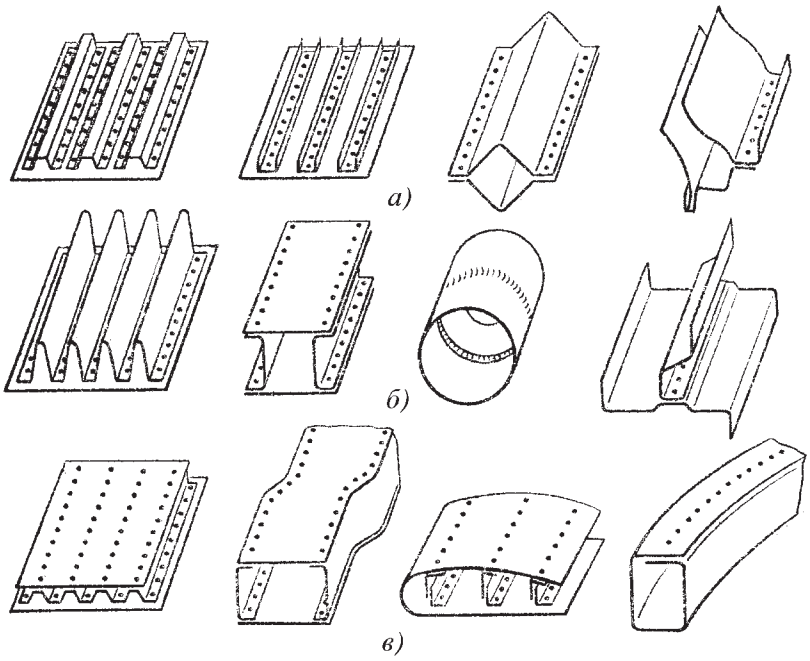


Рис. 12. Примеры конструкций, соединяемых точечной и шовной сваркой

протяженности на стандартном оборудовании прямыми электродами. В таком случае упрощаются методы и средства механизации, резко снижается трудоемкость вспомогательных операций. Узлы, свариваемые контактной точечной и шовной сварками, по конструктивному признаку можно условно разделить на три группы: узлы резервуаров, главным образом различные тела вращения, плоские или слегка изогнутые панели и узлы сложной пространственной формы. Некоторые примеры таких узлов приведены на рис. 12. Узлы первой группы (см. рис. 12, *а*) наиболее рациональны, преимущественно состоят из листового материала различной формы и силового набора в виде продольных или поперечных профилей.

Диафрагмы и перегородки приваривают к обечайкам точечной сваркой, а где требуется герметичность – шовной. В этих случаях толщина обечайки должна быть больше толщины, перегородок, иначе при разрушении соединения в обечайке происходит вырыв точки и, соответственно, нарушение герметичности.

Узлы второй группы (см. рис. 12, *б*) менее рациональны, так как ухудшен доступ одного из электродов к месту сварки. Они состоят из плоского или слегка изогнутого листа и набора их профилей. Сварка таких узлов обычно требует применения особых технологических приемов.

Узлы третьей группы (см. рис. 12, *в*) технологически нерациональны. Они могут быть различной коробчатой формы. Для изготовления, как правило, требуются специальные виды оснастки и технологические приемы. Применение автоматических и механизированных средств в этих случаях затруднительно.

Паяные соединения

В обеспечении технологичности конструкций паяных соединений важнейшую роль играет правильный выбор типа соединения и совместимость его конструкций с технологическим процессом, т.е. со способом пайки, материалами и оснащением.

Выбор типа паяного соединения. Основные типы и параметры паяного соединения регламентируются ГОСТ 19249–73. Различают соединения: внахлестку, встык, вскос, соприкасающиеся, втавр и в угол, все остальные соединения являются комбинированными (рис. 13).

Соединения встык, вскос и внахлестку используют в тех случаях, когда требуется соединить детали, продолжающие одна другую.

Соединения встык применяют достаточно редко, так как они весьма чувствительны к вибрационным и ударным нагрузкам, плохо воспринимают изгибающие и крутящие моменты. Для повышения прочностных характеристик иногда применяют соединение вскос. Это соединение является переходным между соединениями встык и внахлестку. Повышение прочности в этом случае достигается за счет увеличения площади шва. Однако выполнить такое соединение технологически сложно. Поэтому в тонколистовых конструкциях, а также при пайке трубчатых и профильных элементов следует избегать применения соединений встык и вскос.

Соединение внахлестку является наиболее рациональным. Его широко применяют при пайке трубчатых элементов разного диаметра. Иногда такой тип соединений называют телескопическим (т.е. труба в трубе). В ряде случаев для уменьшения концентрации напряжений и повышения прочности на одной из деталей рекомендуется проводить технологическую выточку или применять трубчатые вставки, перекрывающие стык (рис. 14).

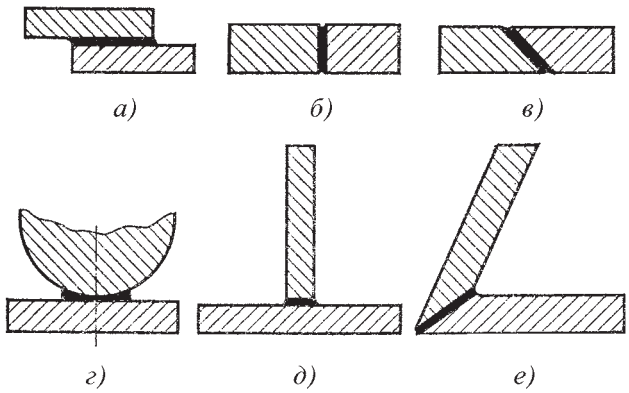


Рис. 13. Типы паяных соединений:
а – внахлестку (телескопическое); *б* – встык; *в* – вскос; *г* – соприкасающееся; *д* – втавр; *е* – в угол

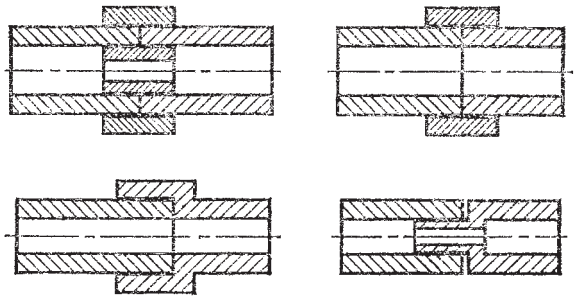


Рис. 14. Примеры паяных трубчатых соединений

Соединения в угол и втавр применяют при пайке пересекающихся деталей. Прочность таких соединений в значительной степени зависит от пластичности паяного шва, модуля упругости паяемого металла и формы поверхности шва. При хорошей пластичности паяного шва и относительно малом модуле упругости паяемого металла достаточно усиленная переходная поверхность шва обеспечивает благоприятное перераспределение напряжений при изгибе. Примеры таких соединений приведены на рис. 15.

Как в пластинчатых, так и в трубчатых соединениях при пайке втавр и в угол прочность соединения возрастает с увеличением площади шва. Соединения втавр (см. рис. 15, *а* и *б*), а также в угол (см. рис. 15, *д* и *е*) обладают малой прочностью и применяются относительно редко. Соединение типа втавр, показанное на рис. 15, *а*, широко используют при изготовлении сотовых конструкций, в ребристых радиаторах. Соединения, показанные на рис. 15, *в, г, ж, з,* более прочные, так как имеют большую поверхность шва.

При формировании соприкасающегося соединения касание соединяемых деталей может осуществляться в точке или происходить по линии. В том и другом случае зазор в различных местах неодинаков и изменяется от капиллярного до более широкого. Однако заполняется зазор только в капиллярной части. Прочность таких соединений во многом зависит от площади шва и характера его нагружения. Такие соединения хорошо работают на сжатие; их широко используют при изготовлении сотовых конструкций.

Правильный выбор припоя является одним из основных условий получения качественного соединения. При этом необходимо учитывать не только свойства металла соединяемых деталей, характер воспринимаемых нагрузок, тип соединения, но и особенности технологического процесса пайки.

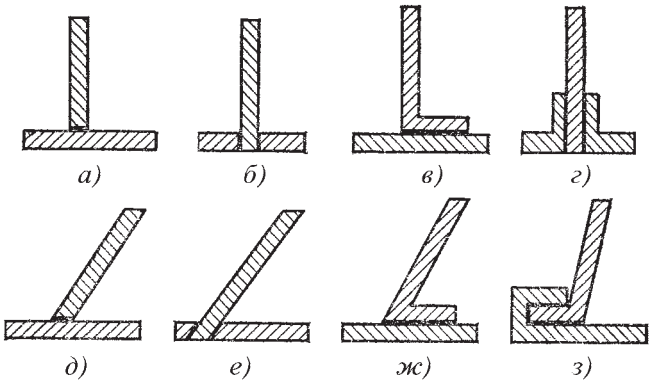


Рис. 15. Типы паяных соединений втавр и в угол

Для обеспечения получения качественных соединений при пайке применяют специальные флюсы, основное назначение которых заключается в удалении оксидных пленок с поверхности припоя и соединяемых деталей, в защите паяного шва от дальнейшего окисления, а также в улучшении процесса смачивания и растекания припоя. Классификация паяльных флюсов приведена в ГОСТ 19250–73.

Из-за сильного коррозионного воздействия на металл остатки флюса после пайки должны быть тщательно удалены. Обычно флюсы и продукты их взаимодействия с металлом удаляют промывкой или кипячением в горячей воде, специальными растворителями и т.п. с последующей просушкой изделия потоком горячего воздуха.

Технологическая совместимость конструкционных материалов с припоем и флюсом

Пайка возможна, если припой смачивает паяемый материал, растекается по нему и затекает в зазор. Однако наличие на поверхности паяемых материалов оксидных пленок затрудняет эти процессы. В связи с этим одним из главных вопросов при отработке на технологичность паяной конструкции является правильный выбор припоя и флюса. Рассмотрим совместимость основных конструкционных материалов с припоями и флюсами в процессе пайки.

Углеродистые и низколегированные конструкционные стали. Максимальная температура нагрева углеродистых сталей не должна превышать 1100...1150 °С, для низколегированных 850...900 °С. Для сталей, подвергаемых термической обработке, задача выбора припоя иногда дополнительно усложняется необходимостью совмещения температуры пайки с температурой термообработки.

Низкотемпературную пайку осуществляют оловянно-свинцовистыми припоями с применением активированных и кислотных флюсов, содержащих активные добавки в растворах канифоли, воды, глицерина. Для улучшения смачиваемости и растекаемости припоя в некоторых случаях наносят на паяемый металл гальваническим способом покрытие из меди и никеля. При высокотемпературной пайке этих сталей используют в основном медные и медно-цинковые припои, за исключением медно-фосфорных припоев, из-за повышения хрупкости паяного соединения.

Коррозионно-стойкие, жаропрочные стали и сплавы. Основное значение для этой группы материалов имеет высокотемпературная пайка, дающая возможность получить соединение, работающее при высоких температурах. Максимальная температура пайки таких сталей и сплавов, при которой сохраняются их исходные свойства, для разных марок находится в пределах 920...1250 °С. Смачиваемость и растекаемость припоев при этих температурах обеспечивается с нагревом

их в вакууме с остаточным давлением порядка $10^{-1}...10^{-3}$ Па.

Для пайки коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов широкое применение нашли припои следующих систем: серебро – медь – никель; медь – никель – марганец; марганец – никель – хром и др., которые применяют как в готовом виде (фольга, порошок, проволока), так и наносят на поверхность паяемых деталей в виде покрытия. Лучшим способом нанесения таких покрытий является термовакуумное напыление.

Титан и его сплавы. Сплавы на основе титана при нагреве имеют высокую активность к взаимодействию с газами (кислород, азот, водород), следствием чего является снижение пластических свойств собственно сплава и паяного шва. Рабочий интервал температур для пайки титана и его сплавов 650...1100 °С. Для предотвращения взаимодействия титана с газами в процессе нагрева под пайку применяют пайку в вакууме $10^{-2}...10^{-3}$ Па; особенно распространена диффузионная пайка в вакууме припоями на основе алюминия систем титан – медь, титан – никель, титан – медь – никель – цирконий.

Алюминий и его сплавы. Трудность пайки алюминия и его сплавов заключается в наличии на поверхности алюминия плотной и прочной оксидной пленки, имеющей температуру плавления 2050 °С и не растворяющейся в жидком припое. Для удаления оксидной пленки в процессе пайки применяют активные флюсы, содержащие хлориды и фториды, а также проводят пайку в парах магния в вакууме 10^{-3} Па.

Сплавы алюминия, упрочняемые нагартовкой, можно нагревать при пайке до температуры 350...400 °С (температура разупрочнения). Термоупрочняемые алюминиевые сплавы следует паять при температуре 200...250 °С или при совмещенной температуре пайки и термической обработки для данного сплава.

Для низкотемпературной пайки используют припои на основе олова, цинка с добавками кадмия, алюминия, меди, серебра и др. с использованием флюсов на основе фтористых и хлористых солей с температурой плавления флюсов в пределах 180...250 °С.

Широкое применение нашли ультразвуковая и абразивная пайки. Для высокотемпературной (400...600 °С) пайки алюминия и его сплавов применяют припои на основе алюминия с добавками меди, кремния и цинка.

Большое применение имеет способ пайки погружением в солевые ванны, выполняющие роль флюса и среды нагрева.

Медь и ее сплавы. Трудность пайки меди и ее сплавов определяется высокой теплопроводностью и сложностью нагрева деталей, имеющих большую массу. Медь и ее сплавы обладают хорошей паяемостью. Пайка осуществляется практически всей номенклатурой припоев с температурой плавления до 1050 °С с использованием в качестве источников нагрева паяльника газовой горелки – для низкотемпературной пайки; печей (воздушной, вакуумной, водородной и др.) – для высокотемпературной пайки.

Обеспечение технологичности паяных конструкций

Конструкция паяного узла должна обеспечивать высокую надежность соединений, а также удобство размещения припоя, надежность сборки и фиксации паяемых элементов узла и возможность ведения процесса пайки в положении, наиболее способствующем заполнению зазоров припоем.

При конструировании отдельных элементов узла под пайку между паяемыми деталями должны быть предусмотрены зазоры, оптимальная величина которых зависит от ширины шва, свойств припоя и соединяемых деталей, а также технологических особенностей процесса пайки.

В изделиях, имеющих замкнутые объемы, необходимо предусматривать технологические отверстия (рис. 16, *а*) для выхода нагретого воздуха, а при выполнении швов большой ширины (при отсутствии возможности приложения внешнего давления) – технологические канавки, фаски и выступы для размещения припоя (рис. 16, *б*).

Конструкция паяемых деталей должна предусматривать способы их закрепления при сборке. Закрепление деталей может быть выполнено с помощью технологических шипов и окон, заклепками, винтами, штифтами, кернением, развальцовкой, отбортовкой, расклепыванием, обжатием, прессовой посадкой с предварительной накаткой одной из деталей, фиксацией под действием собственного веса детали или до-

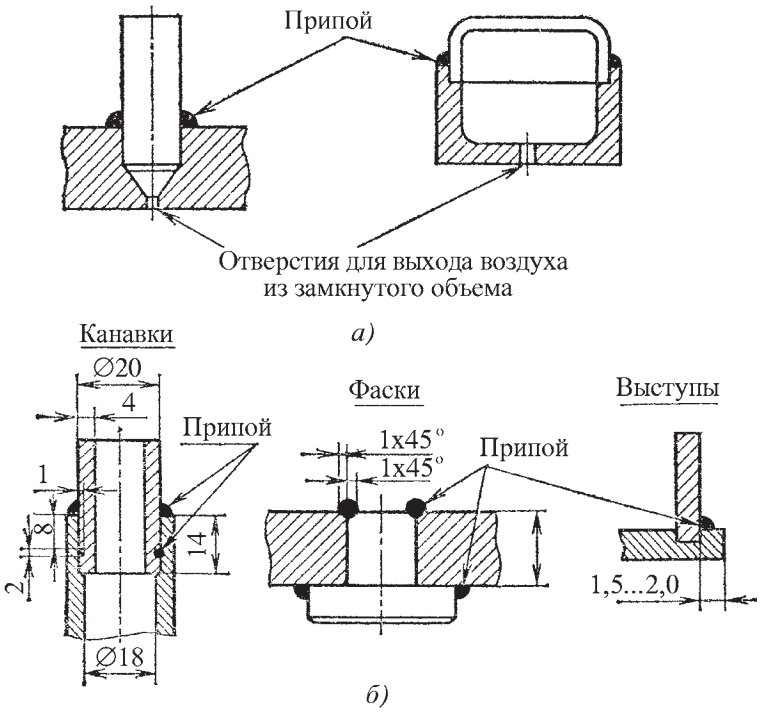


Рис. 16. Примеры рациональной конструкции паяных соединений

5. Примеры закрепления деталей при сборке

Способ закрепления деталей	Конструкция соединений
С помощью технологических шипов и окон	А; А-А; Шип загнут; Б; Б-Б; Шип скручен
Заклепками	А; А-А
Отбортовкой	
Расклепыванием	
Обжатием	
Прессовой посадкой с предварительной накаткой одной из деталей; под действием собственной массы детали или дополнительного груза	Груз
Прихваткой точечной контактной электросваркой непосредственно самих деталей или с использованием фольги	А; А-А; Точечная электросварка; Б-Б; Точечная электросварка; Фольга
Винтами	А; А-А; s; s>10
Штифтами	
Кернением	I; II; III; IV; 1,5...2,0; 0,8...1,0; 0,5...0,7
Развальцовкой	
Прихваткой электронно-лучевой или аргонодуговой сваркой	Аргоно-дуговая сварка; Электронно-лучевая сварка
Приспособлением	Припой; Детали паяемой сборочной единицы; Штырь стяжной; Клинья; Подставка; Фланец прижимной

полнительного груза, прихваткой точечной контактной сваркой непосредственно самих деталей или с использованием фольги, прихваткой с помощью сварки плавлением, а также с помощью специальных приспособлений. Способ закрепления деталей должен обеспечивать сохранение размеров элементов конструкции и качественное формирование паяных швов. Примеры закрепления деталей при сборке приведены в табл. 5.

В трубчатых соединениях телескопического типа с односторонним доступом к месту пайки, когда для фиксации деталей используют уступы, конструктивные элементы паяных швов нужно выбирать с учетом толщины стенок соединяемых деталей (рис. 17). Для обеспечения равномерного затекания припоя в зазор высота микронеровностей на паяемой поверхности должна быть в пределах 10...30 мкм.

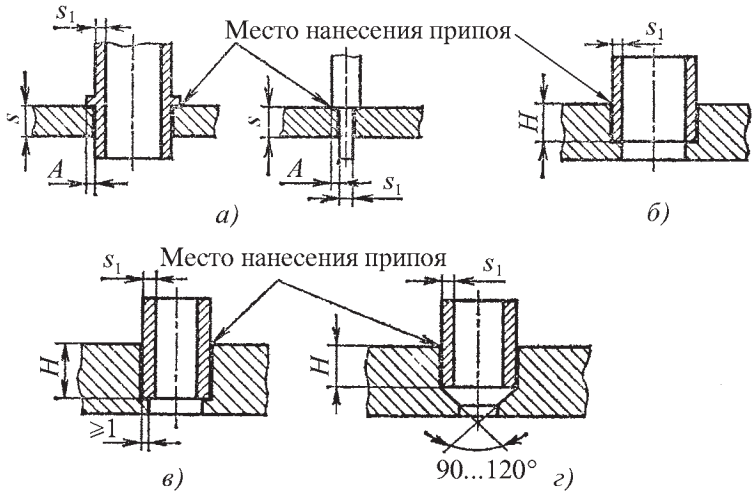


Рис. 17. Примеры паяных соединений втавр:
а – при $s \geq 3s_1$, $A = 0{,}1...0{,}5$ мм; *б* – при $s \leq 1$ мм, $H \geq 3s_1$; *в* – при $s_1 > 1$ мм, $7 \geq H \geq 3s_1$; *г* – при $s_1 > 1$ мм

При нагреве соединения сборочный зазор может изменяться вследствие различных коэффициентов термического расширения металлов. Поэтому нужный зазор при пайке разнородных металлов следует выбирать с учетом значений коэффициентов линейного расширения и размеров деталей, жесткости их закрепления при сборке и характера выполнения операций пайки.

В изделиях, паяемых с общим нагревом, по возможности следует избегать пайки деталей с большой разницей в толщине. В противном случае нагрев собранного под пайку изделия должен быть достаточно медленным для равномерного прогрева деталей по толщине.

При конструировании изделий, паяемых с местным нагревом, необходимо предусмотреть возможность свободного доступа к месту пайки.

Литейные машины.
Литье в металлические формы

Учебное пособие для вузов

Каширцев Л.П. – М.: Машиностроение, 2005. – 368 с., ил.

ISBN 5-217-03275-8

Цена с НДС 308 руб.

Рассмотрены особенности и параметры технологических процессов литья в металлические формы. Приведены конструктивные исполнения технологических узлов машин: кокильных, литья под давлением, центробежных и других, их основные типы, классификация, а также изложены некоторые вопросы автоматизации литья в металлические формы.

Материал представлен в простой, доступной форме, соответствующей уровню подготовки студентов.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению 651400 "Машиностроительные технологии и оборудование" по специальности 120300 "Машины и технологии литейного производства", а также для специалистов заготовительных производств.

Приобрести книгу можно непосредственно в издательстве "Машиностроение", прислав заявку в отдел реализации по факсу: (495) 269-48-97 (работает круглосуточно); по e-mail: realiz@mashin.ru; по почте: 107076, Москва, Стромынский пер., 4. ОАО "Издательство "Машиностроение". Справки по тел. (495) 269-66-00. http://www.mashin.ru

Авторы данного раздела являются выпускниками и работниками кафедры "Машиностроительные технологические комплексы и обработка металлов давлением" Нижегородского государственного технического университета

К 100-летию со дня рождения И.В. Климова (1907–1977)

18 февраля 2007 г. исполняется 100 лет со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, доктора технических наук, профессора Ивана Васильевича Климова – крупного ученого, создателя теории паровоздушных молотов.

Трудовую деятельность Иван Васильевич начал в 1925 г. на Нижегородском заводе "Двигатель революции" токарем.

В 1934 г. окончил Нижегородский механико-машиностроительный институт по специальности "Машины и технология обработки металлов давлением", после чего остался работать на кафедре. Научная деятельность И.В. Климова началась в студенческие годы: он работал под руководством доктора технических наук, профессора Я.Н. Марковича над теорией и расчетом бесшаботных молотов.

В 1936 г. И.В. Климов выполнил экспериментальное исследование паровоздушного молота с поворотным золотником, а в 1937 г. закончил работу "Расчет и теоретическое исследование бесшаботного молота". В 1938 г. за эти работы ему были присуждены ученая степень кандидата технических наук без защиты диссертации и ученое звание доцента.

С 1938 по 1940 г. он исполнял обязанности начальника учебной части института, а с 1940 по 1944 г. работал заместителем директора института по учебной и научной работе. В 1944 г. при Горьковском индустриальном институте был организован факультет кузнечно-прессового машиностроения, деканом которого И.В. Климов работал до 1947 г.

Иван Васильевич развил научное направление Я.Н. Марковича в области теории и теплового расчета паровоздушных молотов. С 1939 по 1955 г. им была проведена большая работа по созданию теории оптимальных энергетических параметров и нового метода расчета паровоздушных молотов, что дало возможность проектировать высокопроизводительные и экономичные агрегаты.

В последующие годы на основе теории И.В. Климова были разработаны молоты с массой падающих частей 16 и 25 т. Эти молоты находятся в эксплуатации на ряде машиностроительных предприятий России и за рубежом.

В 1955 г. И.В. Климов защитил докторскую диссертацию на тему "Теория и расчет паровоздушных молотов по наивыгоднейшим параметрам". В 1957 г. ему было присвоено ученое звание профессора.

В 1958 г. вышла в свет его монография "Основы теории и теплового расчета паровоздушных молотов", переизданная в 1970 г.

В 1965 г. ему присвоено почетное звание "Заслуженный деятель науки и техники РСФСР".

Более 20 лет Иван Васильевич заведовал кафедрой "Машины и технология обработки металлов давлением" Горьковского политехнического института.

С 1962 по 1968 г. Иван Васильевич был научным руководителем научно-исследовательской лаборатории (НИЛКШП), созданной при кафедре. За время существования лаборатории были разработаны и внедрены в производство многие прогрессивные технологические процессы горячей объемной и холодной листовой штамповки.

В настоящее время научное направление И.В. Климова продолжает развивать коллектив кафедры "Машиностроительные технологические комплексы и обработка металлов давлением" Нижегородского государственного технического университета.

Ученики Ивана Васильевича помнят его как доброжелательного и требовательного научного руководителя, щедро дававшего им новые идеи. Иван Васильевич подготовил многих кандидатов и докторов технических наук, сотни инженеров, работающих на многих предприятиях России.

Заслуги И.В. Климова высоко оценены правительством страны: он был награжден Орденом "Знак почета" и пятью медалями. Его добросовестность в научной и педагогической деятельности, уважительное и требовательное отношение к людям являются достойным примером для учеников и коллег.

Олег Сергеевич Кошелев, д-р техн. наук;
Фёдор Павлович Михаленко, д-р техн. наук

Р.М. Гафуров, С.Б. Климычев, В.К. Владимирский *(ОАО "ГАЗ", г. Нижний Новгород)*

Развитие технологии холодной объемной штамповки на ОАО "ГАЗ"

Рассмотрены вопросы организации производства автомобильных деталей методом холодной объемной штамповки (ХОШ) на ОАО "ГАЗ". Приведены примеры использования программного пакета Q-Form при разработке новых малоотходных технологических процессов ХОШ шаровых пальцев для автомобилей ГАЗ-31105 и ГАЗ-3302.

The article considers the questions of automobiles details cold forging on JSC "GAS". Examples of Q-Form program complex application at new cold forging technologies designing are brought.

Важнейшими задачами ОАО "ГАЗ" в условиях современных рыночных отношений являются снижение себестоимости выпускаемой продукции, повышение ее качества и радикальное сокращение сроков подготовки производства новых моделей автомобилей. Решение этих задач в большой степени определяется внедрением высокоэффективных ресурсосберегающих технологических процессов, в частности холодной объемной штамповки (ХОШ), разработанных с использованием средств математического моделирования. Поэтому на ОАО "ГАЗ" большое внимание уделяется более широкому применению этой прогрессивной технологии.

Номенклатура деталей, изготавливаемых методом ХОШ, постоянно увеличивается и в настоящее время составляет 104 наименования, из которых детали 101 наименования изготовляют холодной высадкой на холодноштамповочных автоматах (ХША) и трех наименований – холодным выдавливанием на прессах. На стадии подготовки производства находится 4 детали.

Специфика производства деталей методом ХОШ обусловливает необходимость его концентрации, поэтому производство деталей холодной высадкой на ХША сосредоточено на одном крупном участке механосборочного цеха, а холодным выдавливанием – на отдельном прессовом участке в корпусе цветного литья, где находятся также участки фосфатирования, термической обработки и калибровки.

На участке холодной высадки установлено 24 современных ХША, 11 из которых автоматы ведущих зарубежных фирм–производителей холодновысадочного оборудования: "National Machinery" (США-Германия), "Nedschroef Herentals" (Бельгия), "Kiserling" (Германия), "Sacma" (Италия), а 13 единиц – автоматы Азовского завода кузнечно-прессового оборудования. Оборудование участка выдавливания включает 9 единиц отечественных кривошипно-коленных прессов номинальной силой 2500...10000 кН.

Многие детали, изготовляемые ХОШ или переводимые на данную технологию, имеют сложную геометрическую форму. Для их изготовления применяют среднеуглеродистые и легированные стали, обладающие высоким сопротивлением деформированию. Контактные напряжения при штамповке достигают 1800...2000 МПа, что близко к предельным значениям по прочности инструмента. Это обусловливает поиск оптимальных схем формообразования указанных деталей для обеспечения их качества и приемлемой стойкости дорогостоящей штамповой оснастки.

Для решения этих проблем на ОАО "ГАЗ" применен пакет прикладных программ математического моделирования на основе метода конечных элементов Q-Form, разработанный специалистами ООО "Квантор-Форм" (Москва) в сотрудничестве с ОАО "ГАЗ". Данная система позволяет проводить моделирование технологических процессов ХОШ с высокой степенью достоверности благодаря возможности проведения так называемой "виртуальной наладки" еще до изготовления штамповой оснастки. При этом радикально сокращаются сроки подготовки производства, повышается надежность разрабатываемых технологических процессов, значительно снижаются затраты на проведение научно-исследовательских работ.

Наиболее показательны в этом отношении разработанные и внедренные технологические процессы изготовления шаровых пальцев (рис. 1 и 2) методом холодной объемной штамповки с минимальной последующей механической обработкой.

Холодную высадку заготовки шарового пальца автомобиля ГАЗ-31105 "Волга" осуществляют на четырехпозиционном холодноштамповочном автомате M-24-S1-4D фирмы National Machinery, США–Германия за четыре технологических перехода. Исходный материал – калиброванный фосфатированный прокат из стали 45 по ГОСТ 10702–78 диаметром 16,2 мм в мотках.

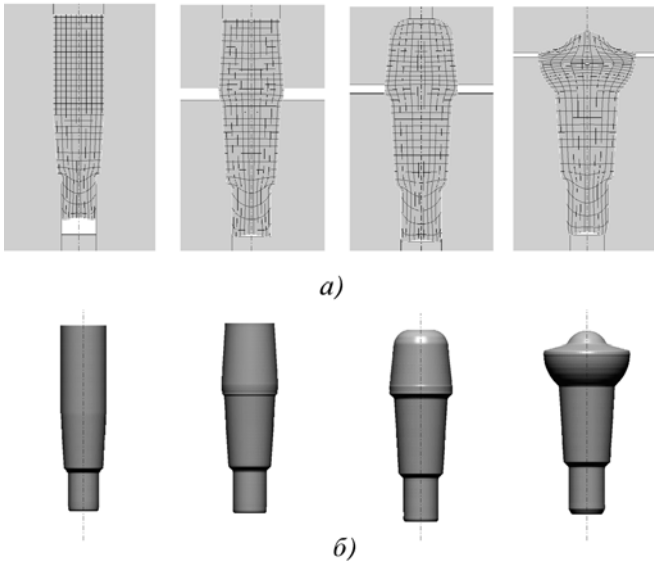


Рис. 1. Моделирование технологических переходов холодной высадки шарового пальца автомобиля ГАЗ-31105 "Волга" с помощью программы Q-Form:
а – характер течения металла в процессе деформации; *б* – технологические переходы штамповки в трехмерном виде

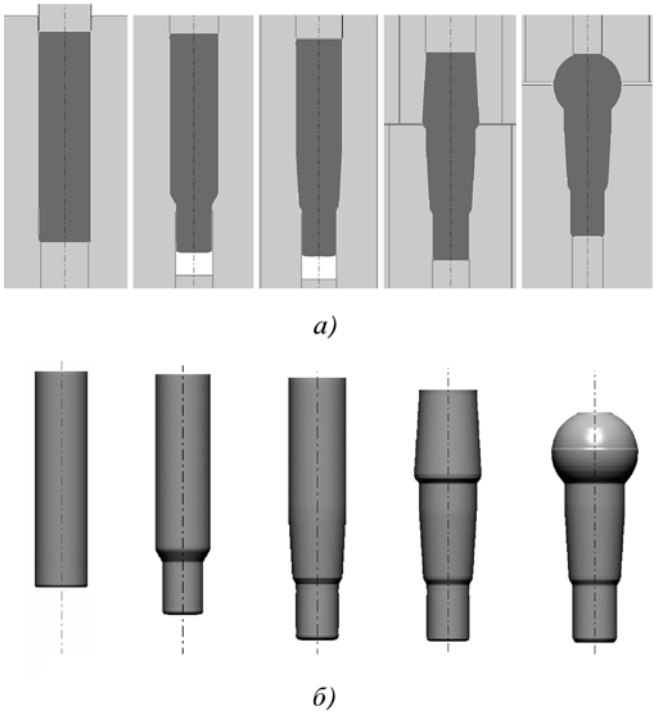


Рис. 2. Моделирование технологических переходов холодной высадки шарового пальца автомобиля ГАЗ-3302 "ГАЗель" с помощью программы Q-Form:
а – характер заполнения металлом формообразующих полостей штампового инструмента; *б* – технологические переходы штамповки в трехмерном виде

Холодную высадку заготовки шарового пальца автомобиля ГАЗ-3302 "ГАЗель" осуществляют на пятипозиционном холодноштамповочном автомате PBV-65 фирмы Nedschroef Herentals, Бельгия, за пять технологических переходов. Исходный материал – калиброванный фосфатированный прокат из стали 45 по ГОСТ 10702–78 диаметром 20 мм в мотках.

Диаметры исходных заготовок для обоих пальцев (в целях более равномерного распределения деформаций и, соответственно, механических свойств по длине изделий) выбирали из соотношения $d_0 = \sqrt{Dd}$ (где D – наибольший диаметр головной части детали; d – диаметр хвостовика) с учетом конструкции деталей и унификации холодновысадочного инструмента.

Внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих процессов ХОШ позволило изготовлять детали с высокой точностью размеров и качеством поверхности детали за счет снижения шероховатости, высокой конструкционной прочностью, долговечностью, износостойкостью и большим сопротивлением ударным нагрузкам, благодаря повышению прочностных характеристик в результате упрочнения материала в процессе формообразования. Годовой экономический эффект от перевода изготовления данных деталей с точения на ХОШ составил более 2,7 млн руб. за счет экономии металла.

При этом коэффициенты использования металла при изготовлении шаровых пальцев значительно повысились: для ГАЗ-31105 – с 0,321 до 0,869; для ГАЗ-3302 – с 0,415 до 0,876.

Радий Михайлович Гафуров, инженер;
Сергей Борисович Климычев, канд. техн. наук;
Владимир Константинович Владимирский, инженер

С.Б. Климычев, Д.Г. Захаров, А.А. Афанасьев *(ОАО "ГАЗ", г. Нижний Новгород)*

Повышение эффективности листовой штамповки с применением средств математического моделирования на ОАО "ГАЗ"

Показана актуальность и эффективность применения средств математического моделирования процессов листовой штамповки в ходе сквозной автоматизированной подготовки производства и оптимизации процессов действующего производства. Приведены примеры исследования и разработки малоотходных технологических процессов с использованием программного пакета математического моделирования Autoform.

The paper shows the efficiency of sheet-stamping processes mathematical modeling at through preproduction automation. The examples of program Autoform application are brought.

Эффективное применение математического моделирования процессов листовой штамповки в рамках сквозной системы автоматизированной подготовки производства позволяет провести тщательный анализ новой технологии, параметров формообразующих переходов и конструкции штамповой оснастки, определить размеры исходной заготовки, необходимые пластические свойства листового материала, оптимизировать раскрой, рассчитать силовые параметры операций и подобрать оборудование. Такой подход позволяет существенно сократить сроки и затраты подготовки производства.

Значительная экономия листового металла получена в результате внедрения процесса изготовления детали "усилители надставки правый и левый" автомобиля ГАЗ-3302 с исключением припуска в угловых зонах вытяжного перехода (рис. 1). При проведении экспериментальных работ по отработке новой технологии предложено ввести технологическую "подштамповку", так как при "раскрытии" угловых зон на детали образовывались волны, не обеспечивающие требуемого качества детали. При отработке измененного процесса формообразования проведены работы по математическому моделированию с использованием программы Autoform; результаты имели большую сходимость с экспериментальными данными. В ходе работ определены оптимальные размеры заготовки, форма, размеры и расположение подштамповки. Сравнительные результаты математического моделирования процессов вытяжки показаны на рис. 2.

Предложенное техническое решение позволило получить экономический эффект от внедрения около 1 млн руб. при минимальных затратах на переделку формообразующего штампа.

В настоящее время с использованием пакета математического моделирования Autoform разработана технология и ведется изготовление двух новых потоков штампов для внедрения процесса изготовления измененной конструкции "панелей боковины правой и левой" автомобиля ГАЗ-3302 с переводом на автоматическую штамповочную линию "Комацу". Существенное отличие нового процесса изготовления от действующего заключается в том, что за счет внедрения усовершенствованной конструкции вытяжных штампов и новой схемы формообразования появилась возможность уменьшить массу технологического припуска и толщину изделия с 1,2 до 1,0 мм без снижения жесткости и прочности конструкции.

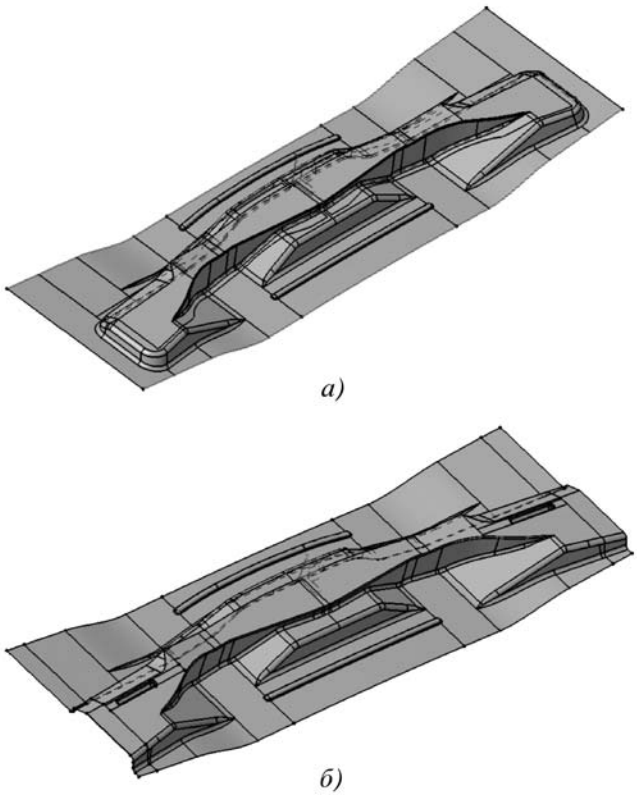


Рис. 1. Вытяжные переходы штамповки усилителей надставки: *а* – ранее действовавший; *б* – разработанный

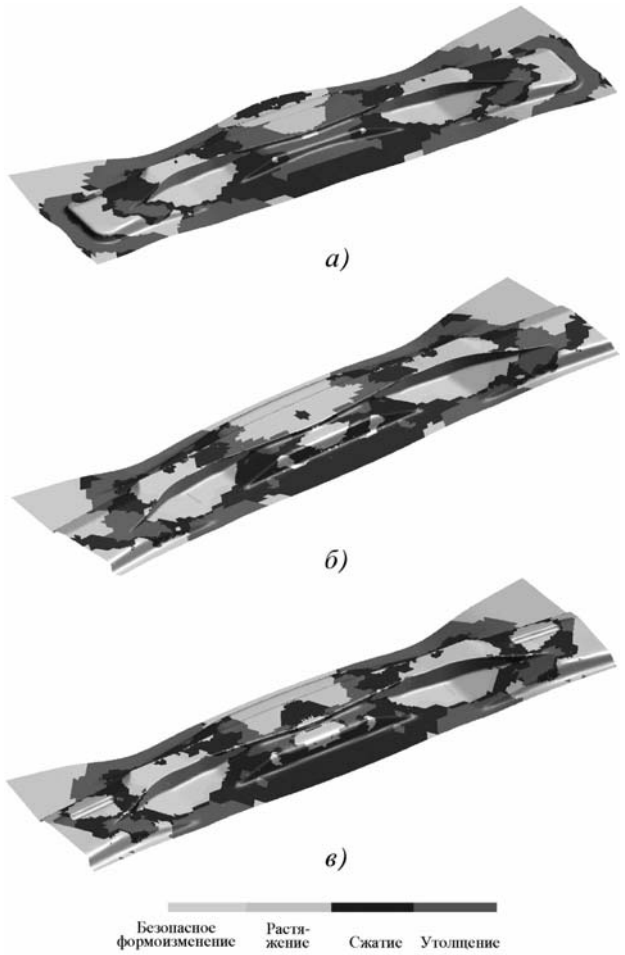


Рис. 2. Анализ процесса формообразования вытяжных переходов штамповки усилителей надставки с помощью программы Autoform:
а – ранее действовавший переход; *б* и *в* – переходы с исключением припуска в угловых зонах соответственно без подштамповки и с подштамповкой

Экономический эффект от внедрения составит ≈ 50 млн рублей.

Весьма эффективным является разработанный процесс изготовления "боковых панелей передка правой и левой" автомобиля ГАЗ-3302. За счет объединения штамповки двух деталей в общем вытяжном переходе с получением исходной фигурной заготовки на линии контурной вырубки обеспечен максимально экономичный раскрой (рис. 3).

Отработку процесса формообразования детали, поиск оптимальной формы и размеров фигурной заготовки проводили методами математического моделирования с использованием программы Autoform (рис. 4).

Новая технология позволяет получить экономию ≈ 15 млн руб в год и повысить производительность за счет перевода изготовления детали на автоматическую линию.

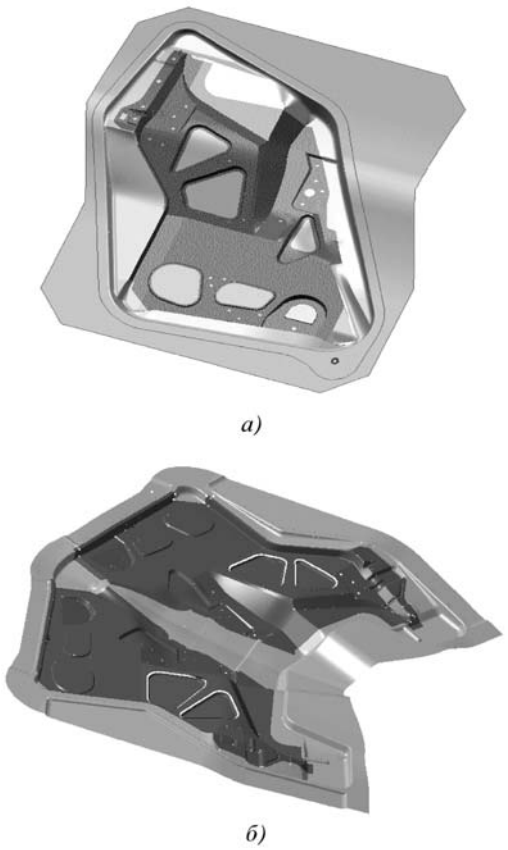


Рис. 3. Вытяжные переходы штамповки боковых панелей передка:
а – ранее действовавший; *б* – разработанный

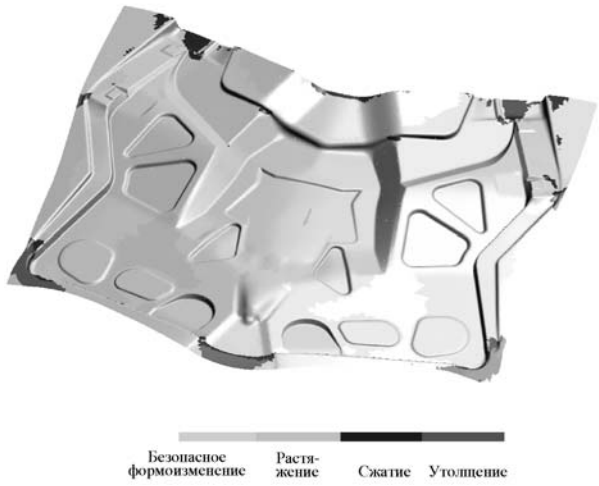


Рис. 4. Анализ процесса формоизменения разработанного вытяжного перехода с помощью программы Autoform

Сергей Борисович Климычев, канд. техн. наук;
Дмитрий Геннадьевич Захаров, инженер;
Александр Анатольевич Афанасьев, инженер

Л.Н. Коломенский, В.В. Новаев, А.Н. Потапова, С.Г. Попов *(ОАО "ГАЗ", г. Нижний Новгород)*

Модернизация прессов, изготовленных по лицензии японской фирмы "Аида"

На Горьковском автомобильном заводе эксплуатируют большой парк прессового оборудования разных моделей, изготовленных Саранским заводом технологического оборудования по лицензии японской фирмы "Аида". Прессовое оборудование работает в двух- и трехсменном режимах в условиях плотной планировки оборудования в цехах. Используемые согласно технологии электромостовые краны, которыми ставят и снимают штампы, тару с заготовками и готовыми изделиями, создают условия, способствующие поломкам прессового оборудования. При такой достаточно жесткой эксплуатации выявили ряд существенных недостатков этих прессов.

Несовершенство конструкции привода командоаппарата – наиболее существенный недостаток, приведший к нескольким травмам рук операторов. Цепной привод расположен в зоне работы по установке и снятию штампов. Цепь, огражденная кожухом, достаточно часто подвергают воздействию перемещаемых электромостовым краном грузов, потому как машинисты электромостового крана работают вслепую (по командам наладчиков), что в конечном итоге приводит к разрушению цепи. От того, в каком положении находятся кулачки командоаппарата в момент разрушения цепи, зависит поведение механизмов пресса, и, если пресс делает несанкционированный ход, это может привести к травме.

На рис. 1 показан общий вид пресса со стороны командоаппарата, где цепной привод с фронта пресса удален, а вместо него с правой стороны станины установлен редуктор (рис. 2), осуществляющий синхронизацию хода ползуна с вращением командоаппарата через дообработанный фирменный угловой редуктор (рис. 3).

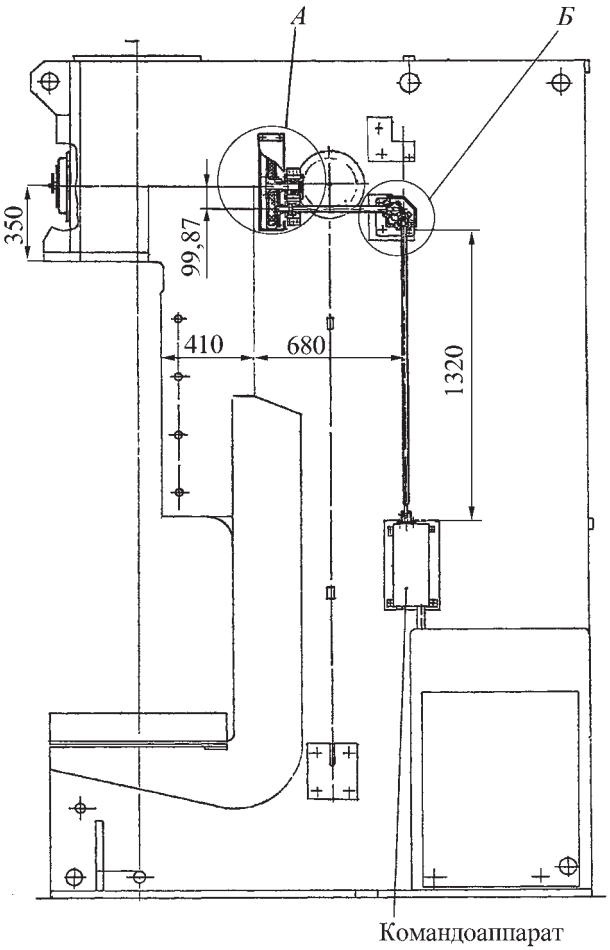


Рис. 1. Вид пресса со стороны командоаппарата

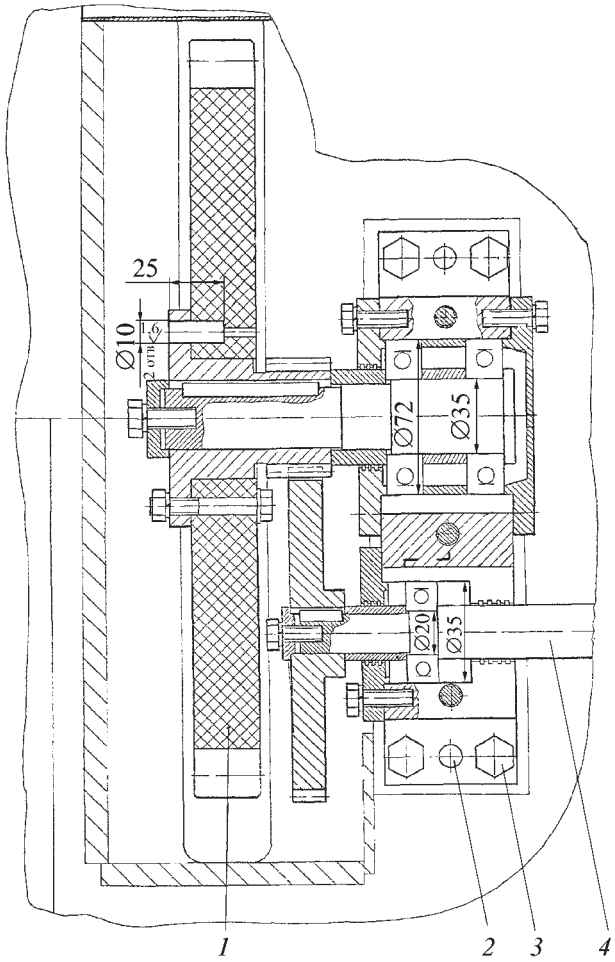


Рис. 2. Узел *А* на рис. 1

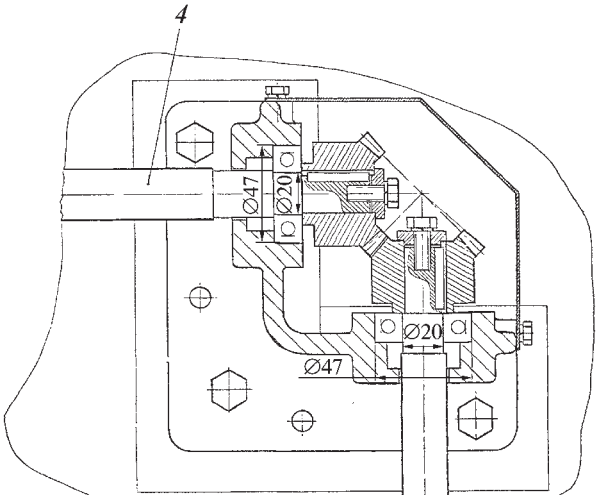


Рис. 3. Узел *Б* на рис. 1

Для установки редуктора (см. рис. 2) в станине пресса прорезают сквозное окно для зацепления текстолитовой (для бесшумности) шестерни *1* с эксцентриковой шестерней внутри станины пресса (не показана), а также просверливают и нарезают отверстия под штифты *2* и болты *3* для крепления корпуса редуктора *4*. Угловой редуктор (рис. 3) при этом пересверливают выше; его положение обусловливает дообработанный вал *4*.

Конструкцию узла "муфта–тормоз" также подвергли существенной модернизации. Во-первых, ресурс износа накладок на дисках сцепления очень маленький, очевидно, фирма "Аида" проектировала данные машины как пресс-автоматы. Во-вторых, при частой регулировке накладок выходила из строя расположенная на валу регулировочная гайка с мелкой резьбой. В-третьих, шпильки, посредством которых тормозные пружины отводили нажимной диск, часто разрушались и отстреливались пружинами, что само по себе могло бы привести к травме. Был случай, когда разрушенная шпилька перегнула гибкий рукав, соединяющий воздухоподводящую головку и сдвоенный сблокированный пневмораспределитель, в результате пневмоцилиндр узла отсекло от пневмораспределителя. Выхлопа сжатого воздуха в атмосферу не произошло и пресс, в силу своей быстроходности, совершил несанкционированный ход, травмировав руку оператора.

На рис. 4 показана новая конструкция узла "муфта–тормоз", в которой выхлоп из полости *А* осуществляют через запатентованную ОАО "ГАЗ" воздухоподводящую головку *1*, дублирующую пневмораспределитель [1].

Изменение конструкции ведет к увеличению в два раза ресурса накладок муфты *2* и тормоза *3*. Регулировку износа осуществляют путем переворота шайбы *4*. Пружины заперты между зубчатой муфтой *5* и поршнем *6*, что позволяет исключить шпильки. Увеличенные по диаметру направляющие колонки *7* тормозного диска позволяют продлить срок их службы, а также исключить износ поверхностей *8* отверстий в станине, по которым они должны скользить.

Существенным изменениям подвергся узел гидравлического предохранения пресса от перегрузки. Саморазгружающаяся фирменная гидроопора име-

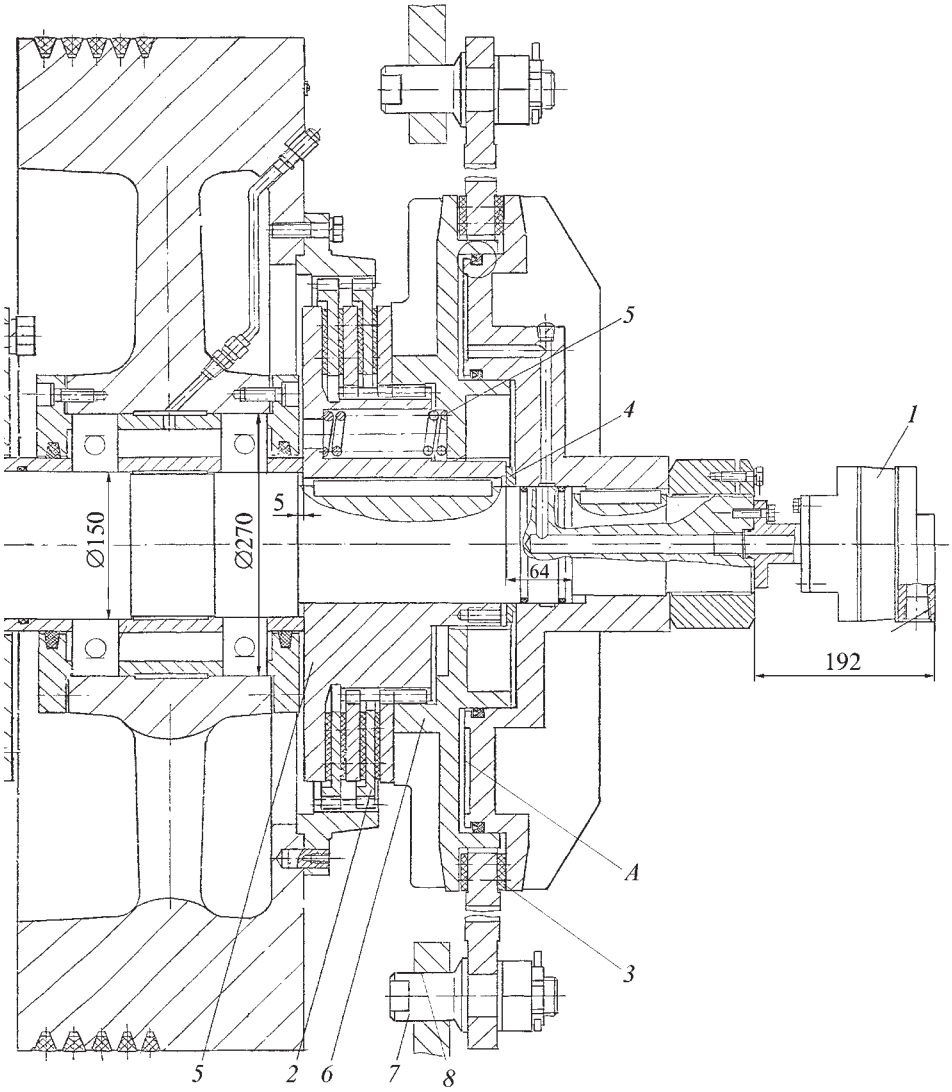


Рис. 4. Усовершенствованная на ОАО "ГАЗ" конструкция узла "муфта–тормоз"

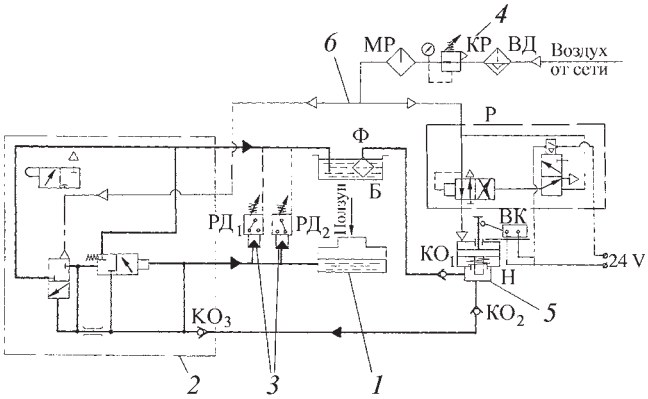


Рис. 5. Схема гидравлического предохранительного узла пресса

ла кольцевую плоскую притертую поверхность, уплотняющую гидравлическую подушку в ползуне пресса. Такая конструкция предъявляет повышенные требования к тонкости очистки масла, что в условиях массового производства не всегда выполнимо.

На рис. 5 показана комбинированная схема гидравлического предохранительного узла пресса [2], где вместо саморазгружающей опоры с минимальными дообработками ползуна пресса установлен гидравлический цилиндр *1* и закрепленный на цилиндре запатентованный ОАО "ГАЗ" разгрузочный клапан *2* с двумя реле давления *3*. Одно из двух реле контролирует давление перегрузки пресса и дает сигнал на его отключение, а другое дает команду на готовность пресса к работе. Блок подготовки воздуха *4* выведен на станину пресса и соединен с ползуном гибким рукавом. Воздушная полость разгрузочного клапана *2* и насоса *5* сблокированы трубкой *6*, что позволяет одновременно регулировать давление, создаваемое насосом *5* в гидравлическом цилиндре ползуна пресса *1* и давление срабатывания разгрузочного клапана *2* при помощи изменения давления сжатого воздуха, подводимого из сети.

Модернизация вышеперечисленных узлов прессов моделей РС-10, РС-20 и PDC-20 позволяет существенно увеличить межремонтное время работы прессов, их надежность и безопасность.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Пат.** RU 2090370 C1 6 B30B 15/14.
2. **Пат.** RU 2103176 C1 6 B 30B 15/28.

Лев Николаевич Коломенский, начальник конструкторского отдела;
Валерий Владимирович Новаев, начальник бюро;
Алиса Николаевна Потапова, ведущий инженер;
Сергей Геннадьевич Попов, инженер-конструктор

УДК 669.15

В.В. Галкин, В.Н. Дубинский, В.А. Коровин, А.И. Поздышев
(Нижегородский государственный технический университет)

Изготовление чугунных поковок круглой формы методом горячей объемной штамповки в открытом штампе на кривошипном горячештамповочном прессе

Исследованы возможности горячей объемной штамповки (ГОШ) в открытом штампе поковок круглой в плане формы из чугуна с шаровидным графитом в ферритной матрице на универсальном кузнечно-штамповочном оборудовании. Определена пластичность материала в условиях ГОШ с применением стандартных испытаний на осадку, проведены математическое моделирование с применением программного комплекса DEFORM, опытная штамповка и структурные исследования деформированного чугуна поковок. Полученная на кривошипном горячештамповочном прессе опытная партия поковок фланцев имеет удовлетворительное качество деформированного металла по макро- и микроструктуре.

The paper considers the possibilities of hot volumetric punching of the globular graphite iron forgings in open stamp on universal forging equipment. The plasticity of the material in punching conditions have been determined; mathematical modeling using DEFORM program, test punching and structural researches of the deformed iron have been done.

Чугун широко применяют как конструкционный материал для изготовления различных деталей. По сравнению со сталями чугун имеет следующие преимущества: хорошо работает на трение; износостоек; гасит вибрацию, так как мало чувствителен к концентраторам напряжения, в частности, при циклических

нагрузках. Однако уступает в конструктивной прочности из-за невысокого уровня вязкости, сопротивления разрушению, что может быть обусловлено, с одной стороны, наличием графитных частиц, а с другой – дефектами структуры литого металла.

Развитие литейного производства в направлении получения чугуна с шаровидным графитом в ферритной матрице, имеющего удовлетворительную пластичность при температурах выше 800...850 °С [1], обеспечило переход чугуна от полуфабриката ("свиного железа") к самостоятельному материалу. В качестве конкретных примеров можно привести [2]: горячую прокатку листа до толщины 1,5...2,1 мм из сутунки прямоугольной формы за несколько проходов; изготовление труб методами прессования, прошивки и раскатки; получение мелящих тел (шаров) методом поперечно-клиновой прокатки.

Практический интерес представляет опробование других видов обработки металлов давлением, в частности горячей объемной штамповки (ГОШ) на универсальном кузнечно-штамповочном оборудовании (КШО). Наибольшую применяемость при штамповке сложных поковок из труднодеформируемых легированных сталей и титановых сплавов имеют кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП).

Цель работы – исследование возможности горячей объемной штамповки по открытой схеме поковок из чугуна с шаровидным графитом в ферритной матрице.

В качестве исходного изделия выбрали поковку круглой формы в плане на деталь "фланец", для которой в качестве заготовки использовали литой пруток со следующими характеристиками:

– структура: шаровидный графит в ферритной матрице (рис. 1);

– химический состав: 3,3 % С; 2,15 % Si; 0,5 % Mn; 0,5 % Ni; 0,007 % Mg;

– характеристика графитной фазы: ШГ6 – ШГ12; ШГр1, ШГр2; ШГд45–ШГд90; ШГф4, ШГф5 (согласно ГОСТ 3443–87);

– прочностные показатели исходного материала: твердость заготовки 170...180 НВ, что соответствует пределу прочности $\sigma_в$ = 490...530 МПа.

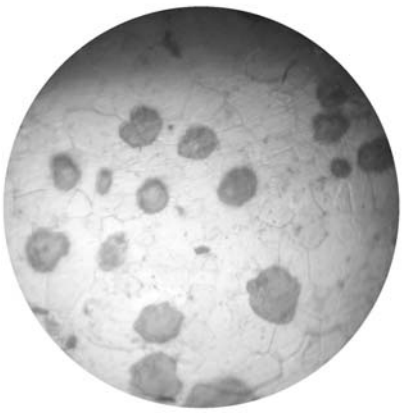


Рис. 1. Микроструктура недеформированного чугуна с шаровидным графитом в ферритной матрице, ×300

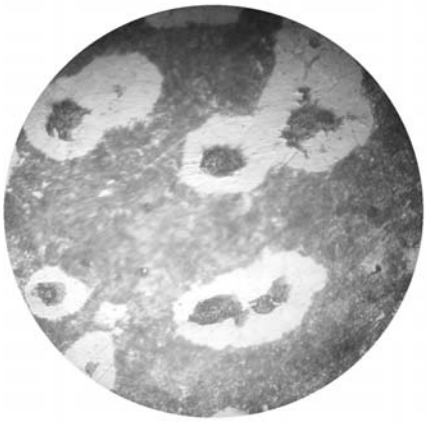


Рис. 2. Микроструктура чугуна с шаровидным графитом в ферритной матрице после горячей пластической деформации со степенью деформации по высоте ε_h = 10 % и охлаждения на воздухе, ×300

Методика исследования состояла из следующих этапов:

– определение допустимой степени деформации по высоте ε_h чугуна при горячей осадке;

– математическое моделирование технологических переходов ГОШ поковки на деталь "фланец" с применением программного комплекса DEFORM и определение оптимальных размеров исходной заготовки;

– изготовление опытной партии поковок и проведение структурных исследований деформированного чугуна (макро- и микроанализ).

На первом этапе обточенные образцы цилиндрической формы диаметром 28...30 мм, высотой 60 мм нагревали в электрической печи до температуры 1025...1050 °С в течение 1 ч и деформировали осадкой на молоте с ε_h = 10; 15, 20 % с последующей протяжкой боковой поверхности на квадрат с суммарной ε_h = = 40 %. Во избежание контакта с холодными бойками осадка велась между подогретыми плитами.

Образцы 1-й партии после горячей пластической деформации (ГПД) охлаждали на воздухе. Твердость образцов составила 210...220 НВ, что соответствует пределу текучести $\sigma_{0,2}$ = 600...640 МПа. Микроструктура содержит перлит и феррит с включениями графита, соотношение феррита и перлита примерно 45:55 (рис. 2). На микрошлифе наблюдали включения графита меньших размеров с заметной ориентацией по сравнению с исходным состоянием. При ГПД и сразу после нее видимых поверхностных дефектов у деформированной заготовки не обнаружили. Однако после охлаждения на воздухе на ее боковой поверхности – "бочке" (в местах действия наибольших растягивающих напряжений) появились надрывы, а при больших степенях деформации $\varepsilon_h \approx 40$ % – трещины. Это согласуется с известной чувствительностью чугунов к растягивающим напряжениям. В центре образца на макро- и микрошлифах трещин и несплошностей обнаружено не было.

Образцы 2-й партии сразу после ГПД с ε_h = = 25...30 % помещали в печь с температурой порядка 900 °С и охлаждали со скоростью 100 °С/ч. На этих образцах трещин обнаружено не было. Матрица имела

ферритную микроструктуру, ее твердость составила 165...175 НВ. В зависимости от ε_h наблюдали следующий разброс результатов по $\sigma_в$:

ε_h, %	30...40	<20
$\sigma_в$, МПа	325...540	490...520

Результаты исследований показали, что чугун с шаровидным графитом обладает достаточно высокой пластичностью со степенью деформации до 35 %.

Поковки изготовляли по стандартной технологической схеме штамповки поковок круглой формы в плане на КГШП из штучных заготовок в торец за два перехода: осадки и окончательной штамповки в "чистовом" ручье открытой конструкции.

Моделирование проводили по нескольким вариантам, измененяя размеры исходной заготовки и диаметр осадки. При анализе возможности снижения растягивающих напряжений в процессе штамповки учитывали допустимые значения ε_h, полученные при стандартных испытаниях при ковке. Для этого изучали напряженно-деформированное состояние чугуна в направлении главных деформаций, совпадающих с направлением движения инструмента. По результатам моделирования были выбраны оптимальные размеры исходной заготовки диаметром 56 мм и высотой 30 мм. Из рис. 3 (см. цвет. полосу) видно, что по ходу штамповки в "чистовом" ручье было достигнуто снижение доли растягивающих напряжений по сравнению со сжимающими.

Опытную штамповку осуществляли на КГШП силой 10 МН. Обточенные заготовки нагревали в электрической печи в интервале температур 1025...1050 °С в течение 1 ч. Отштампованные поковки помещали в печь с температурой порядка 900 °С и охлаждали со скоростью 100 °С/ч. На полученных поковках (рис. 4, см. цвет. полосу) поверхностных дефектов в виде трещин и несплошностей не обнаружено.

Структуру исследовали в поперечном сечении поковки. Макроанализ показал отсутствие внутренних дефектов в виде трещин и зажимов. Микроструктуру исследовали в зонах деформированного объема поковки, отличающихся величиной деформации и выделенных при рассмотрении результатов математического моделирования.

На рис. 5 отмечены точками следующие характерные места: переход гравюры в заусенечную канавку точкой *1*; средняя и центральная зоны фланца – точками *2* и *3*; переход фланца поковки в нижнюю часть – точкой *4*; основание нижней части поковки – точкой *5*. Анализ микроструктуры показал, что с увеличением деформации растяжения форма графитных частиц существенно изменилась: они стали более мелкими и вытянутой формы. Наибольшая деформация произошла в зонах перехода гравюры в заусенечную канавку (точка *1*) и фланца поковки в нижнюю ее часть (точка 4). Наименьшая деформация соответствует нижней части поковки (точка *5*). В целом качественная картина деформации графитных частиц соответствует картинам деформированного состояния, полученных с помощью математического моделирования и приведенных на рис. 6 (см. цвет. полосу).

Выводы

1. Чугун с шаровидным графитом в ферритной матрице обладает удовлетворительной пластичностью в условиях ГОШ по открытой схеме на универсальном кузнечно-штамповочном оборудовании, в частности на КГШП;

2. Методом ГОШ в открытом штампе получена опытная партия поковок на деталь "фланец" с удовлетворительным качеством деформированного металла по макро- и микроструктуре, измельчением и ориентированием графитной фазы в направлении главных деформаций.

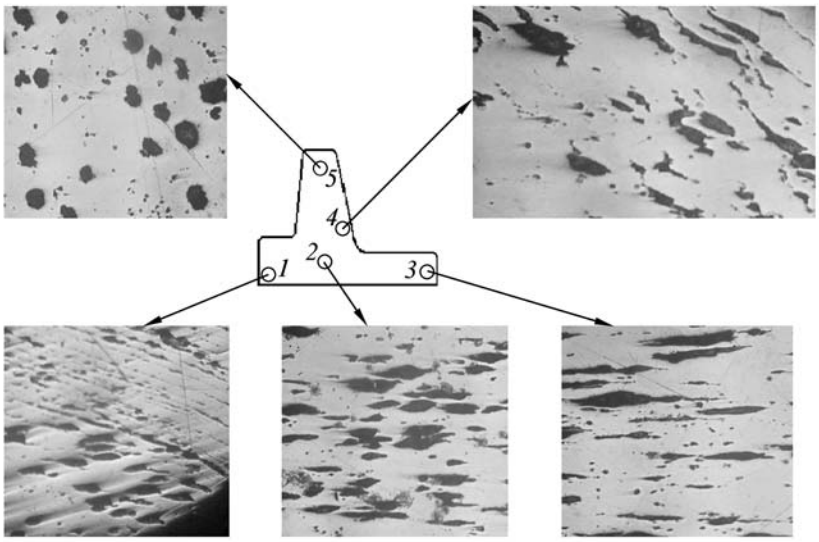


Рис. 5. Формы графитных включений деформированного чугуна в характерных зонах поперечного сечения поковки

ЛИТЕРАТУРА

1. **Захарченко Э.В., Левченко Ю.И., Горенко В.Т., Вареник П.А.** Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом. Киев: Наукова думка, 1986.

2. **Щербединский Г.В.** Чугун как перспективный материал XXI столетия // Металловедение и термическая обработка металлов. 2005. № 7. С. 83–93.

Владимир Викторович Галкин, канд. техн. наук;
Владимир Наумович Дубинский, канд. техн. наук;
Валерий Александрович Коровин, канд. техн. наук;
Анатолий Иванович Поздышев, доцент

А.Г. Колесников, А.В. Максаков, А.С. Ананян *(Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)*

Восстановление медного контактного провода способом прокатки–распрессовки–прессования

Приведены предварительные результаты исследований технологического процесса прокатки–распрессовки–прессования.

The paper brings the results of rolling–pressing-out–forging technological process researches.

Потребность промышленности в меди непрерывно возрастает благодаря уникальному сочетанию в ней таких свойств, как высокая электропроводность, прочность, твердость, технологичность и др. В то же время наблюдается тенденция увеличения цены на медь. По данным Лондонской сырьевой биржи в период с 1998 по апрель 2003 г. цена за тонну меди составляла 1400...1700 $. Начиная с 2004 г. наблюдается бурный рост цен, достигший к середине июля 2006 г. 8233 $ за тонну меди (рис. 1). Рост цен на медь связан со многими факторами, включая бурный рост промышленности стран Дальнего Востока и ее ничтожно малое содержание в земной коре (около 0,005 %).

Медные контактные провода активно используются в воздушных сетях железнодорожного транспорта и подвержены интенсивному износу. В связи с этим существует серьезная техническая проблема их утилизации и переработки. Известные методы производства и вторичная металлургическая переработка медных контактных проводов основаны на капиталоемких и экологически вредных технологиях.

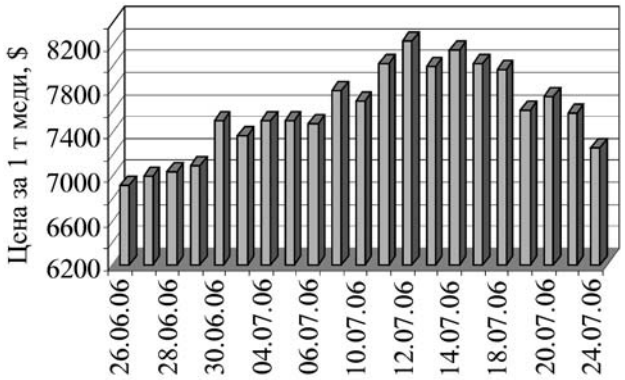


Рис. 1. Динамика изменения цен на медь по данным Лондонской сырьевой биржи в июне – июле 2006 г.

Известны исследования, посвященные переработке изношенных медных контактных проводов, минуя металлургический передел. Согласно описанию в патенте 2173588 РФ, переработка изношенного провода осуществляется с помощью наплавки на него меди и прокатки этой заготовки в катанку. В соответствии с патентом 2173590 РФ изношенный провод разделяют на две части путем надреза шейки провода, а далее волочат получившиеся заготовки в проволоку нужного сечения. Оба способа не направлены на непосредственное восстановление контактного провода.

В значительной мере эти недостатки устранены в способе, включающем в себя предварительную калибровку, отжиг и непрерывную высадку выдавливанием (патент 2109591 РФ). Данный способ позволяет восстановить сечение изношенного провода пластическим деформированием, избегая дорогостоящие металлургические переделы. Однако на поверхности провода образуются пережимы от плашек передающего механизма.

Технологический процесс *прокатка–распрессовка–прессование* (ПРП) разработан на кафедре "Оборудование и технология прокатки" МГТУ им. Н.Э. Баумана для восстановления изношенного сечения медного контактного провода [1]. Данный процесс предусматривает следующие операции: очистка поверхности провода от загрязнений; калибровка сечения по длине провода; отжиг; увеличение сечения провода до номинальных размеров пластическим деформированием.

Очистка провода от загрязнений необходима для того, чтобы впоследствии при пластическом деформировании не создавать дефектной поверхности на готовом изделии.

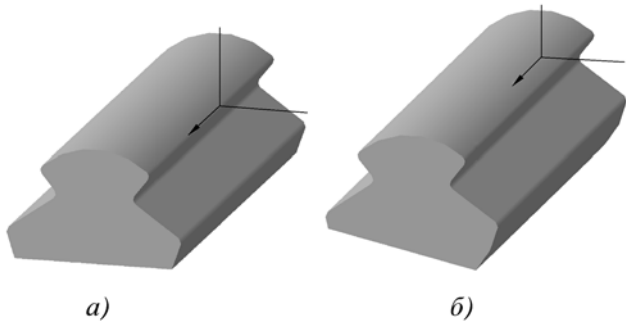


Рис. 2. Виды износа контактного провода:
а – параллельный износ; *б* – наклонный износ

Калибровка сечения является предварительной технологической операцией и нужна для обеспечения стабильности основного процесса формирования стандартного сечения. Необходимость этой операции вызвана неравномерностью износа сечения провода и разной формой его сечения по длине в зависимости от места расположения провода на трассе, интенсивности движения поездов, погодных условий и др. (рис. 2).

Отжиг осуществляют для выравнивания механических свойств во всем объеме провода, так как при эксплуатации и калибровке его сечение на разных участках длины находилось под разным термодеформационным воздействием.

Увеличение сечения провода проводили на прокатном стане дуо, выходная сторона которого снабжена приспособлением для распрессовки и прессования металла (рис. 3).

Процесс ПРП представляет собой непрерывное деформирование полосы в трех последовательно расположенных по ходу движения заготовки зонах очага пластической деформации (рис. 4).

Заготовка под действием сил трения втягивается слева направо в щель между валками, уменьшая свое сечение (зона 1). В зоне 2 создаются условия для увеличения (распрессовки) сечения полосы. В период подготовки к непрерывному процессу в отверстие матрицы временно вводится технологическая заглушка, обеспечивающая накопление металла в зоне 2. В дальнейшем металл выталкивает заглушку и прессуется сквозь освободившееся в матрице отверстие (зона 3).

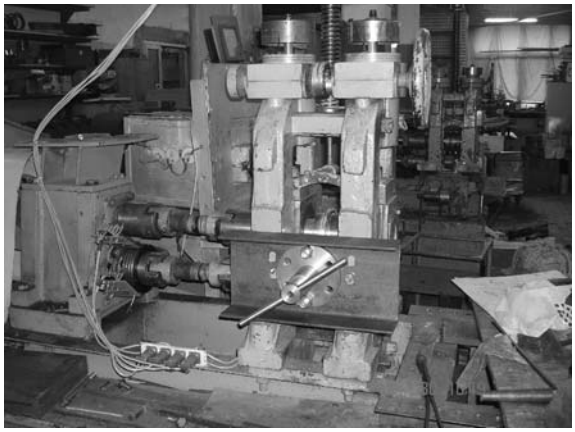


Рис. 3. Общий вид прокатного стана с приспособлением для процесса ПРП

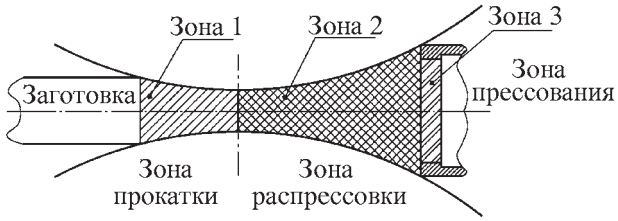


Рис. 4. Схема очага пластической деформации процесса ПРП

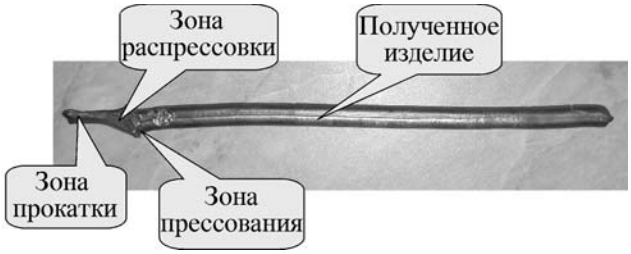


Рис. 5. Общий вид изделия, полученного процессом ПРП

В лаборатории кафедры "Оборудование и технология прокатки" МГТУ им. Н.Э. Баумана проведен пробный процесс ПРП заготовок из прессованных свинцовых прутков диаметром 9 мм. Сечение исходных прутков, равное 63,6 мм^2, выбрано из условия равенства площади сечения изношенного провода (см. рис. 2). Длина заготовок варьировалась в пределах 250...600 мм. На рис. 5 представлен образец изделия с недокатом. Видны зона прокатки, зона распрессовки, зона прессования и элемент готового изделия.

В ходе эксперимента наблюдали устойчивое двукратное увеличение сечения на выходе из установки. Проведенные исследования доказывают принципиальную возможность осуществления процесса ПРП, позволившего получить изделие в виде прутков диаметром 13 мм, что соответствует сечению 132,7 мм^2.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Максаков А.В.** Оценка возможностей метода прокатки-прессования для увеличения сечения длинномерного профиля // Металлургия XXI века: сб. тр. 1-й междунар. конф. молодых специалистов. М.: ВНИИМЕТМАШ им. акад. А.И. Целикова, 2005. 382 с.

Александр Григорьевич Колесников, д-р техн. наук;
Алексей Викторович Максаков, инженер;
Арман Самвелович Ананян, инженер

УДК 673.15

В.С. Муратов, А.В. Святкин *(Самарский государственный технический университет, ОАО "АвтоВАЗ")*

Совершенствование технологии изготовления прутков из латуни типа ЛМцА

Рассмотрены проблемы, возникавшие при обработке прутков из латуни ЛМцА58-2-1 в период освоения их производства на ОАО "АвтоВАЗ". Предложена методика получения стабильных характеристик процесса и скорректированы требования к техническим условиям.

The article is about treatment and introduction of a brass ЛМцА58-2-1 in to JSC "AvtoVAZ". We are considering some problems of a low resistance of the details and causes of the bad treatment. And propose the method of a scientific prognostication of the stable treatment.

При изготовлении детали "втулка направляющая клапана" используют прутки диаметром 13,5 мм из легированной латуни ЛМцА58-2-1, разработанной институтом ГипроЦМО на основе рекомендаций фирмы PORSHE (Германия). Базовый состав CuZn40Al2 – PTL2101 был предложен вследствие ужесточения допусков на содержание основных элементов и примесей в сплаве CuZn40Al2 по DIN 17660 (таблица). Однако технологические и потребительские свойства латуни ЛМцА58-2-1 оказались неустойчивыми [1–2].

При хранении на складах ОАО "АвтоВАЗ" часть прутков, изготовленных из латуни ЛМцА58-2-1, утрачивала прямизну и круглость профиля. Прутки, которые первоначально были круглыми и прямолинейными, оказывались неравномерно искривленными, а поверхность приобретала характерную огранку в форме "бамбука". Перед обработкой их приходилось править вручную, что приводило к увеличению трудоемкости и времени производства.

Таким образом, прутки поставляли на завод с недостаточно снятыми остаточными напряжениями, т.е. режим термообработки был выбран неверно и требовал корректировки. Для более полного снятия остаточных напряжений первого рода в β-латунях, к которым относится латунь ЛМцА58-2-1, необходимо повышение температуры отжига примерно до 400 °С, но в результате этого твердость уменьшается примерно на 10...15 НВ. Это может приводить к получению твердости прутка менее допустимого значения по требованиям ТУ 48-0808-91–92: 150...190 НВ.

Основными технологическими операциями обработки втулок резанием являются обточка и сверление. На всех стадиях обработки получали чрезвычайно мелкую сыпучую стружку (рис. 1). В период освоения сплава возникали проблемы из-за низкой стойкости режущего инструмента – резцов и сверл.

Таким образом, задача сводится к снижению уровня остаточных напряжений при соблюдении обоснованных требований к твердости, а также стабилизации технологической обрабатываемости материала резанием.

Деформация прутков в процессе хранения указывает на высокий уровень остаточных напряжений, которые подразделяются на макронапряжения (первого рода) и микронапряжения (второго рода). Уровень остаточных напряжений второго рода определяется правильностью проведения отжига и корректировкой химического состава сплава. Известно, что металл, находящийся в однофазном β-состоянии, имеет склонность к растрескиванию.

После металлографического исследования партий латуни ЛМцА58-2-1, имеющих различную обрабатываемость, выявили, что металл хорошей обрабатываемости имеет стабильную двухфазную (β+α)-структуру. Напротив, металл плохой обрабатываемости преимущественно однофазный (преобладают зерна β-фазы).

Из числа легирующих элементов наиболее сильное β-образующее влияние оказывает алюминий. Образцы деталей хорошей и плохой обрабатываемости га-

Требования различных нормативно-технических документов к химическому составу латуни ЛМцА58-2-1 и к свойствам прутков из неё

Марка сплава (стандарт, изготовитель)	Требования стандарта								
	Химический состав, % мас. (остальное Zn)								
	Cu	Mn	Al	Pb	Si	Fe	Sn	Ni	Примеси
CuZn40Al2 (DIN 17660)	56,5...59,0	1,4...2,6	1,3...2,3	≤ 0,8	0,3...1,0	≤ 1,0	≤ 0,5	≤ 2,0	≤ 0,5
CuZn40Al2 – PTL2101	57,5...59,0	1,6...2,4	0,7...2,0	0,3...0,9	0,4...0,7	≤ 0,7	≤ 0,5	≤ 0,5	–
ЛМцА58-2-1 (ГипроЦМО)	57,5...59,0	1,6...2,4	0,7...1,5	0,3...0,8	0,3...0,8	–	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 1,1
ЛМцА58-2-1 (ТУ 48-0808-91–92)	57,5...59,0	1,6...2,4	0,7...1,5	0,3...0,9	0,3...0,9	≤ 0,7	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 1,1
ЛМцА58-2-1 (скорректированный)	57,5...59,0	1,6...2,4	0,7...1,4	0,6...1,2	0,3...0,8	0,1...0,7	≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 1,0

Марка сплава (стандарт, изготовитель)	Требования стандарта							Прогноз фазового состава	
	Механические свойства				Фазовый состав, %				
	$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	δ, %	HB	α-фаза	β-фаза	Силициды	$Zn^*_э$	α-фаза, %
	МПа								
CuZn40Al2 (DIN 17660)	–	–	–	–	–	–	–	41,5...45,4	4...42
CuZn40Al2 – PTL2101	≥ 590	≥ 320	≥ 10	150...190	≤ 40	Остальное		42,4...45,2	5...43
ЛМцА58-2-1 (ГипроЦМО)	610...640	510...530	10...12	174...179	≤ 40	Осталь-ное	5...10	41,4...43,9	18...42
ЛМцА58-2-1 (ТУ 48-0808-91–92)	≥ 590	≥ 320	≥ 10	150...190	≤ 40	Остальное		41,1...43,6	20...44
ЛМцА58-2-1 (скорректированный)	–	–	–	150...200	≤ 40	Остальное		40,9...43,2	24...46

*$Zn_э$ – цинковый эквивалент.

рантированно отличались друг от друга по содержанию алюминия (среднее содержание алюминия в партиях хорошей обрабатываемости – 1,172 %, плохой – 1,315 %).

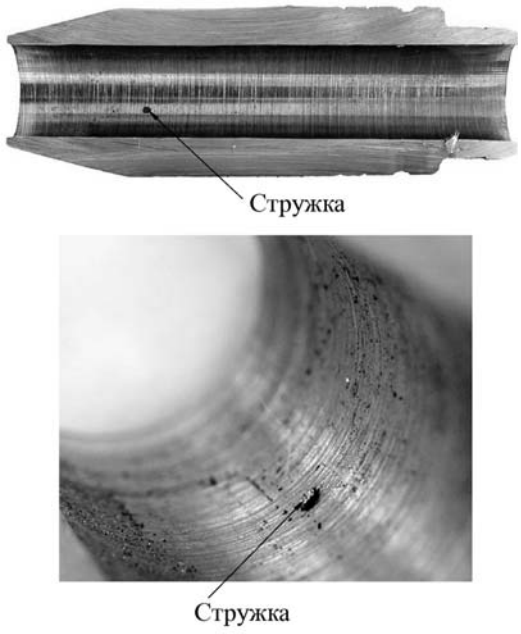
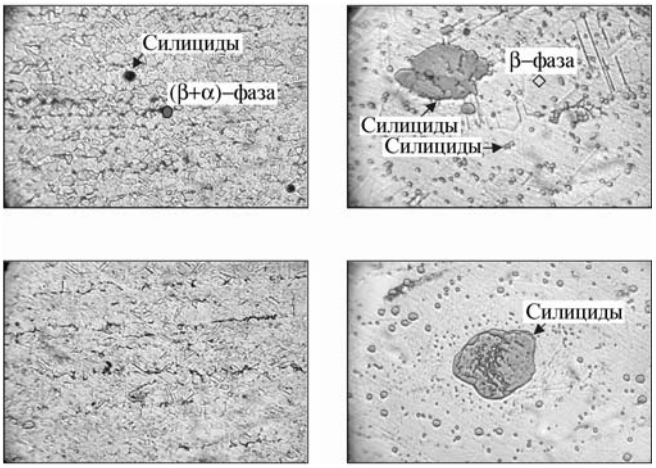


Рис. 1. Разрез детали "втулка направляющая клапана"

Помимо алюминия существенное влияние на обрабатываемость латуни оказывает кремний [3]. Известно, что в сложнолегированных латунях, в отличие от обычных кремнистых, кремний не растворен в твердом растворе, а практически полностью связан в силициды. Кроме кремния, в состав этих силицидов входят железо, марганец, в отдельных случаях никель. Атомы данных металлов при определенных условиях могут взаимно замещать друг друга.

В этой связи говорят о силицидах переменного химического состава, которые в общем случае отвечают приближенной стехиометрической формуле Me_5Si_3. Известно, что сердцевина силицидных частиц, особенно крупных (50 мкм и более, рис. 2) обогащена железом. Соединение железо–кремний играет роль своеобразного зародыша, на котором затем нарастает обогащенная марганцем и обедненная железом оболочка.

При механической обработке наличие в структуре крупных силицидов приводит к неудовлетворительной обрабатываемости. Логично предположить, что одним из путей измельчения силицидов является ограничение железа при сохранении стабильным остального химического состава. В сплаве CuZn40Al2 – PTL2101, как и в CuZn40Al2, содержание железа было оговорено в отличие от исходной марки ЛМцА58-2-1.



а) *б)*

Рис. 2. Микроструктура детали "втулка направляющая клапана" из латуни ЛМцА58-2-1 при различных увеличениях:
а – ×100; *б* – ×500

Таким образом, для получения стабильных характеристик технологического процесса изготовления детали "втулка направляющая клапана" необходимо гарантированное обеспечение (β+α)-структуры.

Дополнительные исследования подтвердили возможность распада при нагреве метастабильных фаз, присутствующих в исходной структуре, а также показали возможность изменения режимов отжига: увеличение температуры отжига до 400 °С с выдержкой 90 мин. Для более эффективного снятия напряжений можно рекомендовать правку прутков с нагревом до 200 °С на заводе-изготовителе.

В процессе исследований изучали влияние химического состава на фазовый состав латуней. Для прогнозирования разброса химического состава легированных латуней при серийной выплавке в производственных условиях использовали метод случайных реализаций Монте-Карло. Требования стандартов к химическому составу в общем случае оговаривают:

– двухсторонние допустимые интервалы содержания основных элементов, например, для *i*-го элемента $I_{\min} \le I \le I_{\max}$;

– односторонние допустимые интервалы содержания примесей, например, для *j*-й примеси $J < J_{\max}$.

Процентное содержание в латуни элемента *i* или *j* является случайной величиной и подчиняется нормальному закону распределения. Если не действует никаких внутризаводских ограничений либо дополнительных регламентирующих требований по химическому составу, то математическое ожидание μ этой величины совпадает с серединой допустимого интервала. Среднеквадратичное отклонение σ подчиняется "правилу трех сигм": максимально и минимально допустимые содержания равны среднему значению плюс-минус три среднеквадратичных отклонения. Таким образом, параметры распределения составляют:

– для основных компонентов $\mu_i = \dfrac{I_{\min} + I_{\max}}{2}$; $\sigma_i = \dfrac{I_{\max} - I_{\min}}{6}$;

– для примесей $\mu_j = \dfrac{J_{\max}}{2}$; $\sigma_j = \dfrac{J_{\max}}{6}$.

Для использования метода Монте-Карло необходим генератор случайных чисел *z*, распределенных по стандартному нормальному закону ($\sigma_z = 0$; $\sigma_z = 1$). Имея таблицу нормально распределенных случайных чисел, несложно назначить случайную реализацию химического состава, которая соответствует требованиям стандарта (ГОСТ, ТУ и т.п.):

– для основных элементов (кроме цинка) $I = \mu_i \pm z_i\sigma_i$;

– для каждой из примесей $J = \mu_j + z_j\sigma_j$;

– для общего содержания примесей $\sum J = \min\begin{cases} \max\begin{cases} \mu_{\sum J} + z_{\sum J}\sigma_{\sum J}; \\ \sum\limits_I (\mu_I \pm z_I\sigma_I); \end{cases} \\ \text{примесей всего} \end{cases}$

– для цинка $\mathrm{Zn} = 100 - \sum I - \sum J$.

Данные соотношения соответствуют принципам нормирования химического состава легированных латуней в отечественных и в большинстве зарубежных стандартов. А именно: оговаривается процентное содержание меди и других основных (легирующих) элементов, содержание примесей – каждой контролируемой примеси и примесей всего; цинк определяется как остальное.

Для каждой полученной таким образом случайной реализации химического состава рассчитывают цинковый эквивалент $\mathrm{Zn}_э$, который является случайной величиной, подчиняющейся нормальному закону распределения со следующими параметрами:

$$\begin{cases} \mu_{\mathrm{Zn}_э} \approx \overline{\mathrm{Zn}}_э = \dfrac{1}{45}\sum\limits_{m=1}^{45} \mathrm{Zn}_э; \\ \sigma_{\mathrm{Zn}_э} \approx S_{\mathrm{Zn}_э} = \sqrt{\dfrac{1}{44}\sum\limits_{m=1}^{45}(\mathrm{Zn}_э - \overline{\mathrm{Zn}}_э)^2}, \end{cases}$$

где $S_{\mathrm{Zn}_э}$ – стандартное отклонение $\mathrm{Zn}_э$.

Трехсигмовый интервал возможных изменений цинкового эквивалента

$$[\mathrm{Zn}_э] = \overline{\mathrm{Zn}}_э \pm 3S_{\mathrm{Zn}_э}.$$

Сопоставление интервала значений $[\mathrm{Zn}_э]$ с диаграммой Cu–Zn позволяет прогнозировать фазовый состав металла на промежуточных стадиях обработки и в готовом изделии.

Проведенные исследования позволили скорректировать требования для латуни ЛМцА58-2-1 (см. таб-

лицу). В результате сужен допуск по алюминию, кремнию, ужесточены требования к содержанию железа. Для достаточного снятия напряжений необходимо увеличить температуру отжига до 400 °С с выдержкой 90 мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Копыл М.Д., Тропотов А.В., Котляров И.В.** Латунные сплавы для колец синхронизаторов совершенствуются //Автомобильная промышленность. 1999. № 10. С. 26–29.

2. **Разработка** сплава и технологии производства прутков высокой точности для направляющих втулок клапанов двигателей автомобилей ВАЗ // Отчет по НИР. М.: ГИПРОЦВЕТМЕТОБРАБОТКА, 1992.

3. **Титарев Н.Я., Митина Л.И., Мироненко Э.И.** Влияние марганца и кремния на структуру износостойкой латуни // Известия вузов. Цветная металлургия. 1982. № 2. С. 102–110.

Владимир Сергеевич Муратов, д-р техн. наук;
Алексей Владимирович Святкин, инженер

УДК 669.017: 539.213

А.С. Дружилов, С.В. Коновалов, Р.А. Филипьев, В.Е. Громов
(Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)

Исследовательский комплекс изучения ползучести

Приведено описание разработанного лабораторного комплекса, позволяющего проводить испытания на ползучесть металлов и сплавов и анализ кривых ползучести. Представлены основные принципы работы и программное обеспечение.

The article brings the description of the designed laboratory device for metal creep tests and analysis of the creep curves. The work main principles and program insuring are presented.

Актуальность изучения ползучести кристаллических тел диктуется требованиями практики и научной важностью проблемы. Ползучесть определяет работоспособность используемых в технике различных элементов во многих конструкциях, механизмах, устройствах и основные характеристики применяемых материалов, а также широко используется в технологических процессах. Развитие новых отраслей техники, интенсификация технологических процессов предъявляет высокие требования к механическим свойствам материалов и побуждает исследовать ползучесть и ее физическую природу. С другой стороны, ползучесть – один из наиболее интересных процессов, изучение которого необходимо для развития физического материаловедения.

Современные универсальные испытательные машины в большинстве случаев позволяют проводить испытания в небольшом временном интервале, ограниченном несколькими часами, в то время как испытания на ползучесть могут длиться на порядки большее время. Кроме того, необходимы датчики, позволяющие с одинаковой точностью (не хуже 10 мкм) измерять малые (до 100 мкм) и большие (свыше 10 мм) перемещения. Датчики должны обладать высокой температурной и временной стабильностью.

В большей части испытательных машин запись аналогового сигнала осуществляется на самописцы. Математическая обработка результатов в этом случае затрудняется, так как исследователь вынужден оцифровывать их вручную. Это приводит к внесению дополнительных неточностей в результаты эксперимента и, соответственно, способствует ошибочной интерпретации данных. Например, в [1] предложены устройства, позволяющие упростить и автоматизировать процесс обработки диаграмм деформирования при определении механических свойств и показателей пластичности. Но они разработаны для конкретных условий эксперимента и расширить область их применения для других целей представляется затруднительным.

В связи с этим для устранения вышеуказанных проблем была разработана автоматизированная установка для проведения экспериментов, регистрации и анализа ползучести металлов и сплавов.

Описание экспериментальной установки. Установка (рис. 1) состоит из металлического жесткого каркаса (жесткостью 30 кН), в который помещен блок для проведения экспериментов, состоящий из неподвижного *1* и подвижного *3* захватов образца *2*; направляющей поверхности оптико-механического датчика перемещения, жестко соединенной с подвижным зах-

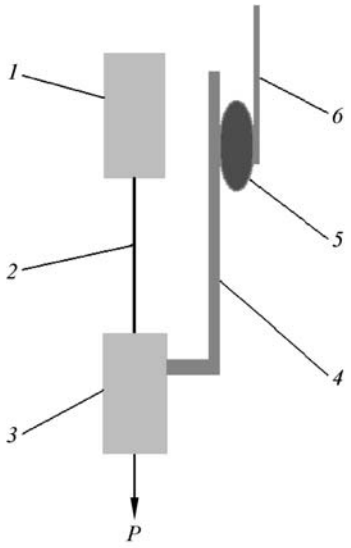
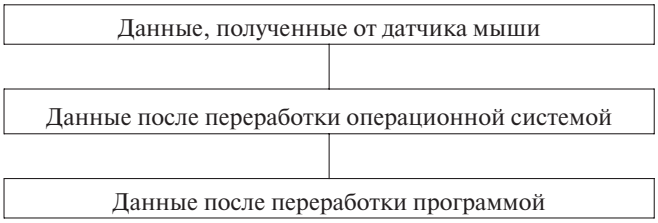


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

ватом *4*; датчика *5* и его держателя, жестко закрепленного на неподвижном захвате *6*. В качестве датчика перемещения, как и в работе [1], использован оптико-механический манипулятор (ОММ) "Genius".

При удлинении образца подвижный захват смещается, что регистрируется датчиком ОММ, сигнал от которого через заданные интервалы времени поступает в компьютер. Далее ведется программная регистрация и сохранение данных с помощью компьютерной программы, разработанной на языке программирования Pascal в среде программирования Delphi 7 с использованием функций Windows API [2–4].

Структура программы регистрации данных. Ниже приведена блок-схема алгоритма преобразования сигнала от оптического датчика до измеряемого программой удлинения образца:



Конечным продуктом являются оцифрованные данные об удлинении, обработанные программой и сохраненные в файл. Блок-схема программы приведена на рис. 2, где

1 – запуск программы;

2 – считывание данных из файла настроек программы (данные о коэффициенте k преобразования удлинения из пикселей в миллиметры; интервале времени τ, через который проводятся замеры; пути сохранения данных и времени ожидания перед автоматическим выключением компьютера);

3 – определяются и сохраняются стартовые координаты курсора (X_0, Y_0) в целях дальнейшего определения удлинения исследуемого образца;

4 – запуск системного таймера, по сигналам которого происходят замеры текущей длины;

5 – запуск цикла, который выполняется через промежутки времени τ, которые контролируются системным таймером;

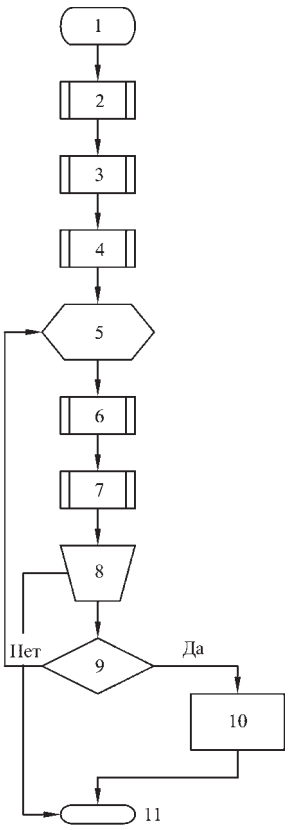


Рис. 2. Блок-схема программы регистрации данных

6 – фиксирование положения курсора в данный момент времени (X_n, Y_n). Текущее удлинение $L = \sqrt{(X_n - X_0)^2 + (Y_n - Y_0)^2}$;

7 – сохранение удлинения L и соответствующего этому удлинению времени в файл (для удобства чтения другими программами выбран текстовый формат .txt);

8 – блок ручного управления, с помощью которого можно изменять коэффициенты, время замеров, путь сохранения и другие настройки программы через клавиатуру;

9 – проверка на условие разрушения образца. Если испытываемый образец разрушается, т.е. резко возрастает регистрируемое удлинение (> 60 мм), то запускается системная утилита, автоматически отключающая компьютер через некоторый интервал времени;

10 – перед завершением работы программы текущие настройки сохраняются в отдельный файл, который загружается при следующем включении программы.

На первом этапе преобразования сигнала от датчика ОММ до измеряемого программой перемещения курсора происходит собственное позиционирование датчика ОММ (определяется направление перемещения и смещение). Эти данные обрабатываются драйвером, происходит их преобразование операционной системой в соответствии с установленным уровнем программного ускорения персонального компьютера и разрешения. На последнем этапе происходит регистрация перемещения курсора датчика ОММ в пикселях программой.

Для различных типов датчиков ОММ характерна различная чувствительность и точность. В работе использован датчик ОММ с разрешением 400 dpi (400 точек на дюйм). Программа была апробирована в операционных системах Windows XP/98.

Программа для анализа и обработки данных об удлинении. Для проведения исследований, полученных от ОММ данных об удлинении, была разработана программа, которая предназначена для анализа кривых ползучести и их аппроксимации. Основной возможностью данной программы является поиск стадии установившейся ползучести (линейная зависимость относительного удлинения от времени) и стадии логариф-

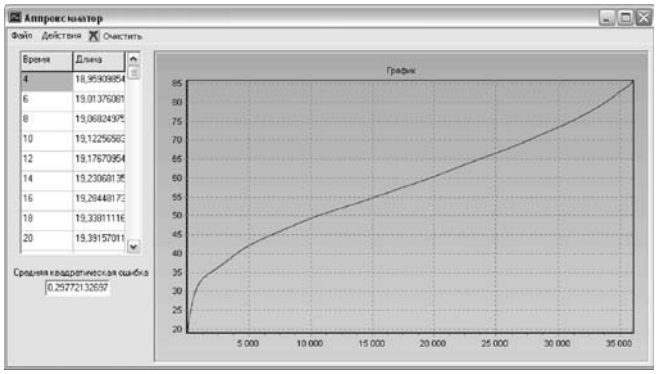


Рис. 3. Пример работы программы аналитической обработки. Аппроксимация графика ползучести методом наименьших квадратов

мической ползучести [5, 6]. Основные функции данной программы следующие:

1. Программа имеет функцию аппроксимации графиков:

– рядами Фурье (с точностью до 10000 гармоник);

– многочленами Лагранжа;

– степенными рядами (до 70-й степени). В данном случае аппроксимирующая кривая проходит через указанное число точек (пример аппроксимации приведен на рис. 3);

– степенными рядами с помощью метода наименьших квадратов (также до 70-й степени).

2. Возможность автоматически находить линейный участок на кривой, соответствующей стадии установившейся ползучести (раньше это приходилось делать вручную, что приводило к большой погрешности). Линейный участок находится через перебор всех точек кривой. Выбирается самый длинный участок, у которого отклонение от линейной зависимости вписывается в заданные пределы (например, отклонение меньше или равно 1 %). Так же возможно находить не только линейный, но и логарифмический участок ползучести. Алгоритм нахождения этих двух стадий заключается в аппроксимации методом наименьших квадратов имеющейся зависимости удлинения от времени. При этом учитывается совмещение обоих участков в одной точке (значения функций и их первые производные в данной точке совпадают). Допустимая погрешность задается оператором.

3. Возможность определения скорости ползучести на установившейся стадии путем взятия производной (используется для установления начала и конца установившейся стадии ползучести). Производная берется как методом конечных разностей, так и индивидуально для каждого метода аппроксимации.

4. Программа позволяет дополнительно рассчитывать дисперсию и среднюю квадратичную ошибку для анализа точности проведенных преобразований первоначальных графиков. Разработанная программа позволяет определять параметры линии регрессии для линейного участка, время начала и завершения стадии установившейся ползучести.

В работе не использованы специальные математические и статистические пакеты обработки данных из-за их неполноты возможностей и недостаточной точности (например, в разработанной программе предусмотрено разложение в ряд Фурье на 10000 гармоник, что не позволяют делать большинство стандартных математических приложений "Windows").

Пример получения экспериментальных данных и их анализа с помощью разработанных программ. При закреплении образца между зажимами фиксируется начальное расстояние между ними. Эти данные, а также служебная информация о типе материала образца, способах воздействия на процесс ползучести, нагрузке, временном интервале фиксирования данных о перемещениях захватов, дате эксперимента, номере установки заносятся в программу. Затем запускается модуль регистрации данных, и после сообщения нагрузки образцу начинается фиксирование данных эксперимента. После разрушения образца программа автоматически выключается, сохраняя предварительно результаты эксперимента вместе со служебной информацией в текстовый файл формата "txt".

Для анализа результатов опыта запускается программа анализа данных, в которой с помощью меню "Файл" загружается файл с результатами эксперимента. Для того чтобы перейти от массива данных по удлинению в кодированных единицах (пикселях) к относительным удлинениям, а также от времени в секундах к времени в часах, в меню "Перевод" вводится начальная и конечная длины образца. В результате производится перерасчет экспериментальных данных и нанесение их на график в координатах "относительное удлинение – время". Далее с помощью команды "Сокращение повторов" меню "Действия" избавляемся от повторных данных в массиве данных, появление которых обусловлено погрешностью датчика ОММ.

Следующим этапом идет поиск стадии установившейся ползучести и времени начала и конца этой стадии. Для этого с помощью команды "Поиск линейного участка" меню "Действия" запускается модуль анализа. После этого программой производится анализ и выводятся уравнения стадий неустановившейся и установившейся ползучести. Либо вводится только желаемая относительная ошибка и проводится поиск только стадии установившейся ползучести и выводится время начала и конца этой стадии, а также уравнение. Теперь, зная уравнение прямой, без труда можно определить скорость установившейся стадии ползучести.

Таким образом, разработанная автоматизированная установка для исследования ползучести металлов,

позволяет во время эксперимента контролировать процесс ползучести, а после него выполнять анализ полученных зависимостей.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Реков А.М., Никонов И.А.** Устройство для записи диаграмм деформирования // Сборник тезисов докладов III Всероссийского семинара им. С.Д. Волкова "Механика микронеоднородных материалов и разрушение". Екатеринбург: Изд-во УГТУ-УПИ, 2004. С. 54.

2. **Гайдышев И.** Анализ и обработка данных: специальный справочник. СПб.: Питер, 2001. 752 с.

3. **Драхвелидзе П.Г., Марков Е.П.** Программирование в Delphi 7. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 784 с.

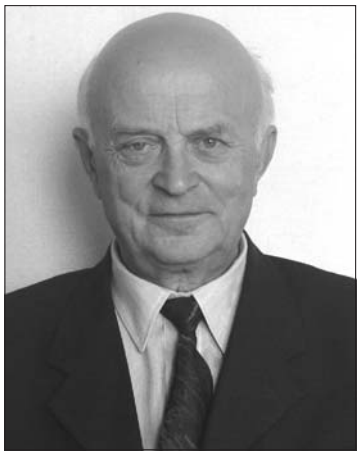
4. **Математическое** обеспечение сложного эксперимента: в 5 т. / под общ. ред. И.И. Ляжко. Киев: Наук. думка, 1990.

5. **Kassner M., Perez-Prado M.-T.** Fundamentals of creep in metals and alloys. London: Elsevier, 2004. 288 p.

6. **Локощенко А.М.** Методы моделирования влияния окружающей среды на ползучесть и длительную прочность металлов // Успехи механики. 2002. № 4. С. 90–120.

Александр Сергеевич Дружилов, инженер;
Сергей Валерьевич Коновалов, канд. техн. наук;
Роман Анатольевич Филипьев, инженер;
Виктор Евгеньевич Громов, д-р физ.-мат. наук

Памяти Н.Ф. АНОШКИНА



21 июля 2006 г. ушел из жизни выдающийся ученый в области металлургии легких и специальных сплавов, профессор, доктор технических наук, Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, действительный член академии естественных наук Российской Федерации, ученый секретарь Всероссийского института легких сплавов Николай Федорович Аношкин.

Производственную и научную деятельность Н.Ф. Аношкин начал после окончания в 1953 г. Московского авиационного технологического института на Верхнесалдинском металлообрабатывающем заводе, где прошел путь от сменного мастера до заместителя главного металлурга. Работая на заводе, он установил закономерности поведения алюминиевых сплавов в процессе холодной прокатки листов, на основе которых внесены эффективные усовершенствования в технологию листопрокатного производства.

В период освоения на заводе производства титановых сплавов им были проведены важные исследования процессов их кристаллизации и предупреждения химической неоднородности различного вида при получении слитков методом вакуумной дуговой плавки. Установленные в результате этих исследований закономерности послужили фундаментом для создания технологии производства промышленных слитков титановых сплавов вначале диаметром 340 мм, массой 500 кг, а затем слитков диаметром до 870 мм, массой до 5 т.

Совмещая производственную деятельность с научными исследованиями, Николай Федорович успешно защитил в 1960 г. кандидатскую диссертацию, в которой обобщил результаты своей работы.

Наиболее значительные теоретические и экспериментальные разработки Н.Ф. Аношкина связаны с Всесоюзным (ныне Всероссийским) институтом легких сплавов, куда он был переведен в 1962 г. по инициативе создателей института А.Ф. Белова и В.И. Добаткина.

Под руководством и при непосредственном участии Н.Ф. Аношкина был проведен комплекс работ по созданию ряда композиций титановых сплавов (высококоррозионно-стойких, обладающих памятью формы, для сварочной проволоки) и освоению их производства; комплекс работ по повышению характеристик и надежности материала деталей газотурбинных двигателей и силовых деталей, а также по совершенствованию системы и методов контроля качества полуфабрикатов.

В последние годы Н.Ф. Аношкин проводил работы по сплавам новых классов – на основе алюминидов титана и интерметаллидов тугоплавких металлов, титановых сплавов, упрочненных частицами химических соединений и др.

За основополагающие работы в области металловедения и технологии производства полуфабрикатов из титановых сплавов Н.Ф. Аношкину в 1966 г. была присуждена Ленинская премия.

За изучение причин возникновения химической неоднородности в металле, позволивших создать систему образования макронеоднородности химического состава слитков и вклад в теорию литейных процессов и металловедение Н.Ф. Аношкину в 1976 г. была присуждена премия им. П.П. Аносова АН СССР.

Н.Ф. Аношкиным были созданы композиции специальных жаропрочных никелевых сплавов с повышенным уровнем показателей жаропрочности (изготовление которых невозможно по традиционной технологии), разработаны технологии производства деталей из этих сплавов методом металлургии гранул, комплекс технологического оборудования, в том числе газостатов для изостатического прессования гранул, освоено серийное производство большой номенклатуры деталей газотурбинных двигателей.

С участием Н.Ф. Аношкина получил развитие ряд новых направлений в отечественной металлургии: изготовление изделий из гранул титановых сплавов, диффузионная сварка, высокотемпературная газостатическая обработка литых деталей, получение фольги методом испарения и конденсации и др.

Имя Н.Ф. Аношкина широко известно в научных кругах в России и за рубежом. Он автор более 250 научных статей, монографий, изобретений.

Николай Федорович Аношкин являлся членом редколлегий научно-технических журналов "Титан", "Технология легких сплавов", сборников "Титановые сплавы", "Металлургия гранул", членом нескольких ученых советов.

Деятельность Н.Ф. Аношкина была отмечена высокими государственными наградами, он являлся Почетным авиастроителем страны.

Светлая память о выдающемся ученом и патриоте нашей страны надолго сохранится в памяти всех, кто его знал.

А.В. Пожарский, Г.П. Ким *(Волгоградский государственный технический университет),* **В.П. Панфилов**

Совершенствование процессов нагрева металла в металлургических цехах машиностроения

Рассмотрены успешно эксплуатируемые на плавильных, кузнечных и термических печах прогрессивные конструкции газогорелочных устройств, обеспечивающих значительное снижение удельного расхода топлива на тонну нагреваемых отливок, заготовок и изделий.

The study is devoted to successful operation at smelting, forging and thermal furnaces of progressive constructions of gauze facilities, providing the considerable reduction of fuel rate per ton of heated foundry, part blank and articles.

Экономичность нагрева металла в кузнечных, литейных и термических цехах машиностроения определяется удельным расходом топлива на тонну обрабатываемых заготовок, отливок и термообрабатываемых деталей, который в основном зависит от совершенства горелочных устройств, применяемых в печах. Учитывая, что в настоящее время стоимость топлива в себестоимости выпускаемой продукции резко возросла от 2...3 до 30...35 %, а его цена увеличилась (от 29 до 1800 руб. за 1000 нм^3), следует более строже подходить к выбору горелок и форсунок, устанавливаемых на печных агрегатах. В отдельных случаях необходимо производить замену устаревших горелочных устройств на более прогрессивные и экономичные.

Специалистами Волгоградского государственного технического университета и Волгоградского НИИТМАШ разработаны и внедрены в металлургических цехах машиностроения газомазутные горелки типа КГМГ-А, ГКВГ и ГКНД. Проведенные производственные испытания этих горелок на печах ведущих предприятий СНГ, таких как: Минский тракторный завод, Волгоградский тракторный завод, Челябинский тракторный завод, Лозовский кузнечно-механический завод, Харьковский тракторный завод и др., показали практическое снижение удельного расхода топлива на тонну нагреваемого металла от 15 % (ГКНД) до 30 % (ГКВГ и КГМГ-А) по сравнению с ранее применяемыми горелками ГНП, "Стальпроект", УФ-1, инжекционными и др. Общее количество внедренных горелок указанных видов на предприятиях автомобильного, тракторного, сельскохозяйственного, среднего и общего машиностроения составляет свыше 4000.

Горелки просты в эксплуатации. Переход с одного вида топлива на другой осуществляется обычным переключением запорных устройств. Горелки прошли государственные испытания и рекомендованы институтом "ВНИИПРОГАЗ" (Москва) к использованию на промышленных печах и других нагревательных установках.

На рис. 1 приведена конструкция комбинированной газомазутной горелки с акустическим излучателем типа КГМГ-А, предназначенной для сжигания газообразного (природный газ) и жидкого (мазут, печное топливо, солярка) топлива с холодным или подогретым воздухом.

Горелка работает следующим образом. При работе на газе природный газ поступает через крестовину, газо-

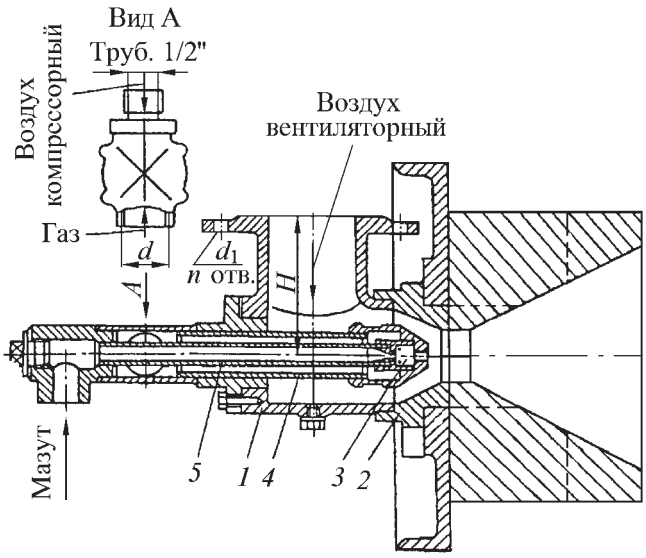


Рис. 1. Газомазутная горелка типа КГМГ-А:
1 – корпус; *2* – насадка; *3* – акустический излучатель; *4* – газовая труба; *5* – мазутная труба

вую трубу, цилиндрическую камеру и газовое сопло к месту сжигания. Камера и сопло представляют в сборе акустический излучатель, выполненный в виде вихревого свитка, работающего за счет кинетической энергии природного газа или воздуха (при сжигании мазута).

Газ через тангенциальное отверстие проходит внутрь камеры, где приобретает вращательное движение. Вращающаяся струя газа, выходя из сопла, срывается с его торца в виде вихрей с определенной частотой, зависящей от давления газа и геометрических размеров излучателя. Срывающиеся вихри образуют акустическое поле, которое, накладываясь на факел горения, интенсифицирует процессы смесеобразования и теплоотдачи в факеле, и через продукты горения передается в рабочее пространство печи. Акустические колебания печной атмосферы в значительной мере разрушают ламинарный пограничный подслой на поверхности нагреваемых заготовок или изделий, что приводит к увеличению коэффициента теплоотдачи от продуктов горения к металлу и сокращению времени нагрева.

При работе на мазуте вместо природного газа для генерации акустического поля используется сжатый воздух давлением 50 кПа. Мазут попадает внутрь цилиндрической камеры по ее оси, где подхватывается и дробится сжатым воздухом, а затем через сопло поступает к месту сжигания.

Давление вентиляторного воздуха перед горелкой должно быть не менее 3 кПа, сжатого воздуха и мазута – не менее 50 кПа, температура мазута – не ниже 80 °С. Пределы регулирования горелки по газу и мазуту составляют примерно 1:5, количество компрессорного воздуха – 0,8 м^3/кг мазута. При работе на газе сжатый воздух не подают. Разработано 8 типоразмеров горелок: от 15 до 200 нм^3/ч.

На рис. 2 приведены конструкция горелки комбинированной высокоинтенсивного горения типа ГКВГ, предназначенной для сжигания природного газа и мазута, солярки и печного топлива с холодным или подогретым воздухом. Горелка имеет короткий и широкий факел. Давление газа перед горелкой должно быть не менее 30 кПа, воздуха – 3 кПа, мазута – 50 кПа. Пределы регулирования горелки по газу составляют 1:5, по мазуту – 1:2. Разработано 5 типоразмеров с номинальной пропускной способностью от 15 до 100 нм^3/ч, определенной при давлении газа перед горелкой 30 кПа.

Работа горелки осуществляется следующим образом. Воздух, поступающий в данную горелку, разделяется на два потока и вводится тангенциально через несколько отверстий в малую и большую вихревые камеры, образуя в них вихревые потоки. Во время работы горелки на природном газе газ через тангенциальные отверстия в газовой трубе поступает в малую вихревую камеру, где встречается и интенсивно перемешивается с первым вихревым потоком воздуха. Дальнейшее перемешивание происходит в эжекторе. На выходе из горелки газовоздушная смесь подхватывается закрученным потоком вторичного воздуха, выходящим из

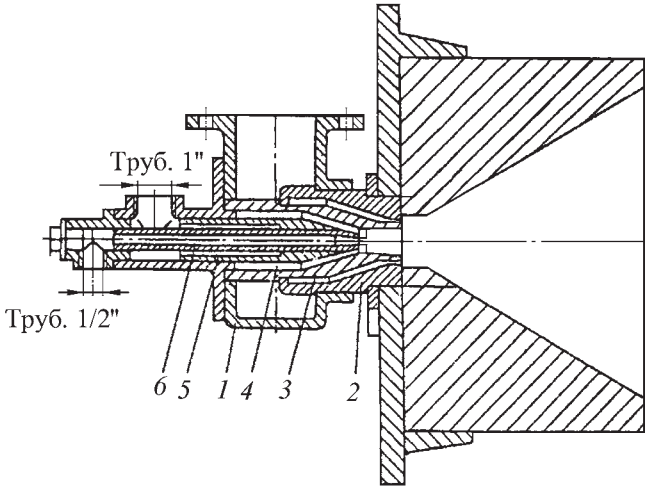


Рис. 2. Газомазутная горелка типа ГКВГ:
1 – корпус; *2* – насадка; *3* – большая вихревая камера; *4* – малая вихревая камера; *5* – газовая трубка; *6* – мазутная труба

большой вихревой камеры. Образуется широкий короткий факел.

Во время работы горелки на мазуте последний на выходе из сопла попадает в эжектор малой вихревой камеры, где встречается с закрученным воздушным потоком. Из-за большой разницы скоростей этих потоков происходит дробление мазутной струи на мелкие капли и интенсивное смесеобразование. На выходе из горелки мазутовоздушная смесь перемешивается с потоком вторичного воздуха и сгорает в коротком и широком факеле. При работе горелки в центре вихревого факела создается разряжение, которое препятствует закоксовыванию мазутного сопла, а после окончания работы на мазуте очищает мазутное сопло от остатков топлива.

На рис. 3 приведена конструкция горелки комбинированной низкого давления типа ГКНД, предназначенной для сжигания природного газа низкого (до 5 кПа) давления в качестве основного топлива и мазута, солярки и печного топлива – в качестве резервного. Горелка имеет встроенный регулятор, позволяющий изменять качество смешивания топлива с воздухом и длину факела. Давление вентиляторного воздуха должно быть не менее 3 кПа, жидкого топлива – не менее 30 кПа. Разработано 5 типоразмеров этих горелок от 15 до 125 нм^3/ч.

В горелке типа ГКНД при сжигании газа топливо, пройдя через отверстия газовой трубы, попадает в вихревую камеру, где смешивается с закрученным потоком воздуха, поступающим из корпуса через тангенциальные каналы первой и второй ступени. Частично подготовленная газовоздушная смесь, выходя из вихревой камеры, смешивается с прямоточным потоком воздуха, попадающим из кольцевой щели, образованной вихревой камерой и носиком горелки.

Регулирование длины газового факела осуществляется путем передвижения вихревой камеры в крайнее правое или левое положение. В первом случае –

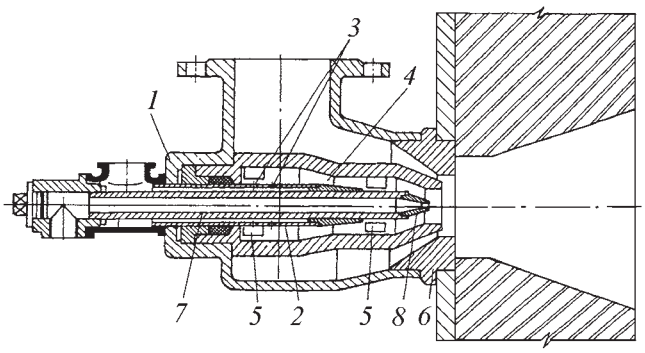


Рис. 3. Комбинированная горелка типа ГКНД:
1 – корпус; *2* – газовая труба; *3* – отверстия для выхода газа; *4* – вихревая камера; *5* – тангенциальные каналы; *6* – носик; *7* – мазутная труба; *8* – сопло

основное количество воздуха горелки через кольцевую щель в виде прямоструйного потока. При этом формируется наиболее длинный факел. При смещении вихревой камеры в сторону носика горелки увеличивается расход воздуха, проникающего в нее через тангенциальные каналы. Это улучшает качество предварительного смешения и укорачивает факел. При сжигании жидкого топлива мазут подводится по трубе и вытекает через отверстие в наконечнике форсунки. Частичное распыление мазута осуществляется воздухом, вытекающим из вихревой камеры.

Горелки оснащаются при проектировании топливовоздухоразводок на печах и нагревательных установках системами газовой безопасности и соотношения "топливо–воздух". Окупаемость затрат при внедрении этих горелок составляет четыре–шесть месяцев.

Аркадий Владимирович Пожарский, канд. техн. наук;
Геннадий Петрович Ким, канд. техн. наук;
Виктор Павлович Панфилов, инженер

Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку по ГОСТ 26645–85. *Продолжение**

***Приложение 5** (рекомендуемое)*

Таблица 13

Классы точности массы отливок

Технологический процесс литья	Номинальная масса отливки, кг	Тип сплава			
		Цветные легкие нетермообрабатываемые сплавы	Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообрабатываемые цветные легкие сплавы	Термообрабатываемые чугунные и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
		Класс точности массы отливки			
Литье под давлением в металлические формы и по выжигаемым моделям с применением малотерморасширяющихся огнеупорных материалов (плавленого кварца, корунда и т.п.)	До 1,0 1,0...10 10...100	1–7 2–8 3т–9т	2–8 3т–9т 3–9	3т–9т 3–9 4–10	3–9 4–10 5т–11т
Литье по выжигаемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	До 1,0 1,0...10 10...100	2–9т 3т–9 3–10	3т–9 3–10 4–11т	3–10 4–11т 5т–11	4–11т 5т–11 5–12
Литье по выплавляемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	До 1,0 1,0...10 10...100	3т–9 3–10 4–11т	3–10 4–11т 5т–11	4–11т 5т–11 5–12	5т–11 5–12 6–13т
Литье под низким давлением и в кокиль без песчаных стержней	До 1,0 1,0...10 10...100 100...1000 1000...10000	3–10 4–11т 5т–11 5–12 6–13т	4–11т 5т–11 5–12 6–13т 7т–13	5т–11 5–12 6–13т 7т–13 7–14	5–12 6–13т 7т–13 7–14 8–15

* Начало см. в № 11, 12, 2006 г.; № 1, 2007 г.

Технологический процесс литья	Номинальная масса отливки, кг	Тип сплава			
		Цветные легкие нетермообрабатываемые сплавы	Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообрабатываемые цветные легкие сплавы	Термообрабатываемые чугунные и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
		Класс точности массы отливки			
Литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных (до 2,8 %), высокопрочных (более 160 кПа или 1,6 кгс/см^2) смесей, с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90 ед. Литье по газофицируемым моделям в песчаные формы. Литье в формы, отвержденные в контакте с холодной оснасткой. Литье под низким давлением и в кокиль с песчаными стержнями. Литье в облицованный кокиль	До 1,0	4–11	5т–12	5–13т	6–13
	1,0...10	5т–12	5–13т	6–13	7т–14
	10...100	5–13т	6–13	7т–14	7–15
	100...1000	6–13	7т–14	7–15	8–15
	1000...10000	7т–14	7–15	8–15	9т–16
	10000...100000	7–15	8–15	9т–16	9–16
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью 2,8...3,5 % и прочностью 120...160 кПа (1,2...1,6 кгс/см^2), со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц. Литье центробежное (внутренние поверхности). Литье в формы, отверждаемые в контакте с горячей оснасткой. Литье в оболочковые формы. Литье в вакуумно-пленочные песчаные формы	До 1,0	5т–12	5–13т	6–13	7т–14
	1,0...10	5–13т	6–13	7т–14	7–15
	10...100	6–13	7т–14	7–15	8–15
	100...1000	7т–14	7–15	8–15	9т–16
	1000...10000	7–15	8–15	9т–16	9–16
	10000...100000	8–15	9т–16	9–16	10–16
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью 3,5...4,5 % и прочностью 60...120 кПа (0,6...1,2 кгс/см^2) с уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 ед. Литье в оболочковые формы из термореактивных смесей. Литье в формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой без сушки. Литье в песчано-глинистые подсушенные и сухие формы. Литье в формы из жидких самотвердеющих смесей	До 1,0	5–13т	6–13	7т–14	7–15
	1,0...10	6–13	7т–14	7–15	8–15
	10...100	7т–14	7–15	8–15	9т–16
	100...1000	7–15	8–15	9т–16	9–16
	1000...10000	8–15	9т–16	9–16	10–16
	10000...100000	9т–16	9–16	10–16	11т–16
Литье в песчано-глинистые сырые формы из высоковлажных (более 4,5 %) низкопрочных (до 60 кПа или 0,6 кгс/см^2) смесей с уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 единиц	До 1,0	6–13	7т–14	7–15	8–15
	1,0...10	7т–14	7–15	8–15	9т–16
	10...100	7–15	8–15	9т–16	9–16
	100...1000	8–15	9т–16	9–16	10–16
	1000...10000	9т–16	9–16	10–16	11т–16
	10000...100000	9–16	10–16	11т–16	11–16
	Св. 100000	10–16	11т–16	11–16	12–16

Примечание. Меньшие значения классов точности массы относятся к простым компактным отливкам и условиям массового автоматизированного производства, бóльшие – к сложным крупногабаритным отливкам единичного и мелкосерийного производства, средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

***Приложение 6** (рекомендуемое)*

Таблица 14

Ряды припусков на обработку отливок

Степени точности поверхности	1–2	3–4	5–6	7–8	9–10	11–12	13–14	15	16
Ряды припусков	1–2	1–3	1–4	2–5	3–6	4–7	5–8	6–9	7–10

Степени точности поверхности	17	18	19	20	21	22
Ряды припусков	8–11	9–12	10–13	11–17	12–15	13–16

Примечания: 1. Меньшие значения рядов припусков из диапазонов их значений следует принимать для термообрабатываемых отливок из цветных легкоплавких сплавов, бóльшие – для отливок из ковкого чугуна, средние – для отливок из серого и высокопрочного чугуна, термообрабатываемых отливок из стальных и цветных тугоплавких сплавов.

2. Для расположенных сверху при заливке поверхностей отливок единичного и мелкосерийного производства, изготовляемых в разовых формах, допускается принимать увеличенные на 1–3 единицы значения ряда припуска.

***Приложение 7** (обязательное)*

Точность обработки и припуски отливок

1. Уровень точности обработки, достигаемый в зависимости от технического уровня технологии механообработки, приведен в табл. 15.

Таблица 15

Характеристика металлообрабатывающего оборудования	Уровень точности обработки при степени точности станков	
	нормальной	высокой
Автоматизированное оборудование, оснащенное устройствами для стабилизации и управления точностью обработки	–	Высокая
Автоматизированное оборудование (агрегатные станки и станки с ЧПУ, автоматические линии из агрегатных станков с ЧПУ и гибких производственных модулей и т.п.)	Средняя	Повышенная
Неавтоматизированное оборудование (станки с ручным управлением)	Пониженная	Средняя

Примечания: 1. К нормальной степени точности станков следует относить станки нормальной точности по ГОСТ 8–82. К высокой степени точности станков следует относить станки повышенной, высокой, особо высокой точности по ГОСТ 8–82.

2. Значения припусков, приведенные в табл. 6 стандарта, следует применять при среднем уровне точности обработки (табл. 15).

При повышенном или высоком уровне точности и обработки следует принимать значения припусков, соответствующие интервалам общих допусков, расположенных в табл. 6 соответственно на 1 или 2 строки выше интервала действительного допуска, при пониженном уровне – на 1 строку ниже интервала действительного допуска.

***Приложение 8** (обязательное)*

Таблица 16

Общие допуски элементов отливок, мм

Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элемента отливки, не более
До 0,01	До 0,01	0,02
	0,01...0,02	0,03
0,01...0,02	До 0,01	0,02
	0,01...0,02	0,03
	0,02...0,03	0,04
	0,03...0,04	0,05
0,02...0,03	До 0,01	0,03
	0,01...0,02	0,04
	0,02...0,03	0,05
	0,03...0,04	0,06
	0,04...0,05	0,07
	0,05...0,06	0,08

Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элемента отливки, не более
0,03...0,04	До 0,01	0,04
	0,01...0,03	0,05
	0,03...0,04	0,06
	0,04...0,05	0,07
	0,05...0,06	0,08
	0,06...0,08	0,11
0,04...0,05	До 0,01	0,05
	0,01...0,03	0,06
	0,03...0,04	0,07
	0,04...0,05	0,08
	0,05...0,06	0,09
	0,06...0,08	0,11
	0,08...0,10	0,14
0,05...0,06	До 0,02	0,06
	0,02...0,03	0,07
	0,03...0,04	0,08
	0,04...0,05	0,09
	0,05...0,06	0,10
	0,06...0,08	0,12
	0,08...0,10	0,14
	0,10...0,12	0,16
0,06...0,08	До 0,02	0,08
	0,02...0,04	0,09
	0,04...0,05	0,10
	0,05...0,06	0,11
	0,06...0,08	0,14
	0,08...0,10	0,16
	0,10...0,12	0,18
	0,12...0,16	0,22
0,08...0,10	До 0,02	0,10
	0,02...0,04	0,11
	0,04...0,06	0,12
	0,06...0,08	0,14
	0,08...0,10	0,16
	0,10...0,12	0,18
	0,12...0,16	0,22
	0,16...0,20	0,28
0,10...0,12	До 0,02	0,12
	0,02...0,06	0,14
	0,06...0,08	0,16
	0,08...0,10	0,18
	0,10...0,12	0,20
	0,12...0,16	0,24
	0,16...0,20	0,28
	0,20...0,24	0,32
0,12...0,16	До 0,03	0,16
	0,03...0,06	0,18
	0,06...0,10	0,20
	0,10...0,12	0,22
	0,12...0,16	0,28
	0,16...0,20	0,32
	0,20...0,24	0,36
	0,24...0,32	0,44
0,16...0,20	До 0,03	0,20
	0,03...0,08	0,22
	0,08...0,12	0,24
	0,12...0,16	0,28
	0,16...0,20	0,32
	0,20...0,24	0,36
	0,24...0,32	0,44
	0,32...0,40	0,56
0,20...0,24	До 0,06	0,24
	0,06...0,12	0,28
	0,12...0,16	0,32
	0,16...0,20	0,36
	0,20...0,24	0,40
	0,24...0,32	0,50
	0,32...0,40	0,56
	0,40...0,48	0,64
0,24...0,32	До 0,06	0,32
	0,06...0,12	0,36
	0,12...0,20	0,40
	0,20...0,24	0,44
	0,24...0,32	0,50
	0,32...0,40	0,56
	0,40...0,50	0,70
	0,50...0,64	0,90

Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элемента отливки, не более
0,32...0,40	До 0,08	0,40
	0,08...0,16	0,44
	0,16...0,24	0,50
	0,24...0,32	0,56
	0,32...0,40	0,64
	0,40...0,50	0,70
	0,50...0,64	0,90
	0,64...0,80	1,10
0,40...0,50	До 0,12	0,50
	0,12...0,24	0,56
	0,24...0,32	0,64
	0,32...0,40	0,70
	0,40...0,50	0,80
	0,50...0,64	0,90
	0,64...0,80	1,10
	0,80...1,00	1,40
0,50...0,64	До 0,12	0,64
	0,12...0,24	0,70
	0,24...0,40	0,80
	0,40...0,50	0,90
	0,50...0,64	1,00
	0,64...0,80	1,20
	0,80...1,00	1,40
	1,00...1,20	1,60
	1,20...1,28	1,80
0,64...0,80	До 0,20	0,80
	0,20...0,40	0,90
	0,40...0,50	1,00
	0,50...0,64	1,10
	0,64...0,80	1,20
	0,80...1,00	1,40
	1,00...1,20	1,80
	1,20...1,60	2,20
0,80...1,00	До 0,24	1,00
	0,24...0,40	1,10
	0,40...0,64	1,20
	0,64...0,80	1,40
	0,80...1,00	1,60
	1,00...1,20	1,80
	1,20...1,60	2,20
	1,60...2,00	2,80

Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элемента отливки, не более
1,00...1,20	До 0,32	1,20
	0,32...0,64	1,40
	0,64...0,80	1,60
	0,80...1,00	1,80
	1,00...1,20	2,00
	1,20...1,60	2,40
	1,60...2,00	2,80
	2,00...2,40	3,20
1,20...1,60	До 0,40	1,60
	0,40...0,80	1,80
	0,80...1,00	2,00
	1,00...1,20	2,20
	1,20...1,60	2,40
	1,60...2,00	2,80
	2,00...2,40	3,60
	2,40...3,20	4,40
1,60...2,00	До 0,40	2,00
	0,40...0,80	2,20
	0,80...1,20	2,40
	1,20...1,60	2,80
	1,60...2,00	3,20
	2,00...2,40	3,60
	2,40...3,20	4,40
	3,20...4,00	5,60
2,00...2,40	До 0,64	2,40
	0,64...1,20	2,80
	1,20...1,60	3,20
	1,60...2,00	3,60
	2,00...2,40	4,00
	2,40...3,20	4,40
	3,20...4,00	5,60
	4,00...4,80	6,40
2,40...3,20	До 0,80	3,20
	0,80...1,60	3,60
	1,60...2,00	4,00
	2,00...2,40	4,40
	2,40...3,20	5,00
	3,20...4,00	5,60
	4,00...5,00	7,00
	5,00...6,40	9,00

Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элемента отливки, не более
3,20...4,00	До 1,00	4,00
	1,00...1,60	4,40
	1,60...2,40	5,00
	2,40...3,20	5,60
	3,20...4,00	6,40
	4,00...5,00	7,00
	5,00...6,40	9,00
	6,40...8,00	11,00
4,00...5,00	До 1,20	5,00
	1,20...2,40	5,60
	2,40...3,20	6,40
	3,20...4,00	7,00
	4,00...5,00	8,00
	5,00...6,40	9,00
	6,40...8,00	11,00
	8,00...10,00	14,00
5,00...6,40	До 1,20	6,40
	1,20...2,40	7,00
	2,40...4,00	8,00
	4,00...5,00	9,00
	5,00...6,40	10,00
	6,40...8,00	12,00
	8,00...10,00	14,00
	10,00...12,00	16,00
	12,00...12,80	18,00
6,40...8,00	До 2,00	8,00
	2,00...4,00	9,00
	4,00...5,00	10,00
	5,00...6,40	11,00
	6,40...8,00	12,00
	8,00...10,00	14,00
	10,00...12,00	18,00
	12,00...16,00	22,00
8,00...10,00	До 2,40	10,00
	2,40...4,00	11,00
	4,00...6,40	12,00
	6,40...8,00	14,00
	8,00...10,00	16,00
	10,00...12,00	18,00
	12,00...16,00	22,00
	16,00...20,00	28,00
10,00...12,00	До 3,20	12,00
	3,20...6,40	14,00
10,00...12,00	6,40...8,00	16,00
	8,00...10,00	18,00
	10,00...12,00	20,00
	12,00...16,00	24,00
	16,00...20,00	28,00
	20,00...24,00	32,00
12,00...16,00	До 4,00	16,00
	4,00...8,00	18,00
	8,00...10,00	20,00
	10,00...12,00	22,00
	12,00...16,00	24,00
	16,00...20,00	28,00
	20,00...24,00	36,00
	24,00...32,00	44,00
16,00...20,00	До 5,00	20,00
	5,00...8,00	22,00
	8,00...12,00	24,00
	12,00...16,00	28,00
	16,00...20,00	32,00
	20,00...24,00	36,00
	24,00...32,00	44,00
	32,00...40,00	56,00
20,00...24,00	До 6,40	24,00
	6,40...12,00	28,00
	12,00...16,00	32,00
	16,00...20,00	36,00
	20,00...24,00	40,00
	24,00...32,00	44,00
	32,00...40,00	56,00
	40,00...48,00	64,00
24,00...32,00	До 8,00	32,00
	8,00...16,00	36,00
	16,00...20,00	40,00
	20,00...24,00	44,00
	24,00...32,00	50,00

Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элемента отливки, не более
24,00...32,00	32,00...40,00	56,00
	40,00...50,00	70,00
	50...64,00	90,00
32,00...40,00	До 10,00	40,00
	10,00...16,00	44,00
	16,00...24,00	50,00
	24,00...32,00	56,00
	32,00...40,00	64,00
	40,00...50,00	79,00
	50,00...64,00	90,00
	64,00...80,00	110,00
40,00...50,00	До 12,00	50,00
	12,00...24,00	56,00
	24,00...32,00	64,00
	32,00...40,00	70,00
	40,00...50,00	80,00
	50,00...64,00	90,00
	64,00...80,00	110,00
	80,00...100,00	140,00
50,00...64,00	До 12,00	64,00
	12,00...24,00	70,00
	24,00...40,00	80,00
	40,00...50,00	90,00
	50,00...64,00	100,00
	64,00...80,00	120,00
	80,00...100,00	140,00
	100,00...120,00	160,00
	120,00...128,00	180,00
64,00...80,00	До 20,00	80,00
	20,00...40,00	90,00
	40,00...50,00	100,00
	50,00...64,00	110,00
	64,00...80,00	120,00
	80,00...100,00	140,00
	100,00...120,00	180,00
	120,00...160,00	220,00

Н.И. Касаткин, А.В. Белов
(Московский государственный университет приборостроения и информатики)

Прогнозирование трещинообразования при прессовании сплавов на основе меди

Рассмотрены причины появления поперечных трещин, возникающих при прессовании медных сплавов, предложена методика прогнозирования их появления. Получены формулы и рассчитаны значения допустимых коэффициентов.

The causes of chap appearance are considered. The new method of prediction of chap appearance is proposed. Formulas for permissible factors and their values are obtained.

Горячее прессование является одним из эффективных процессов обработки металлов давлением, который широко используют для получения длинномерных изделий из медных сплавов. Наряду с известными преимуществами, этот процесс имеет ряд недостатков, одним из которых является ограничение по скорости прессования, связанное с возможностью появления поперечных трещин при выходе металла из матрицы.

В качестве критерия трещинообразования предлагают использовать либо скорость прессования, либо скорость истечения [1]. Недостатком этих критериев

является, во-первых, их ощутимый разброс (по данным работы [1] допустимая скорость истечения для латуни Л63 составляет 1,0...2,7 м/с), что затрудняет их практическое использование, а во-вторых, что более важно, ни скорость истечения, ни скорость прессования не являются непосредственными причинами образования поперечных трещин. В связи с этим данная статья посвящена разработке новых критериев трещинообразования, лишенных вышеуказанных недостатков.

Причиной появления поперечных трещин является неравномерность деформации, которая приводит к тому, что центральные слои металла истекают из матрицы быстрее, чем периферийные, в результате чего в центральных слоях возникают сжимающие напряжения, а в периферийных – растягивающие. Если растягивающие напряжения $\sigma_{рас}$ превысят временное сопротивление металла разрыву $\sigma_в$ при выходе из матрицы, то возникнет трещина. Можно принять, что начало образования трещин соответствует условию $\sigma_{рас} = \sigma_в$.

Рассмотрим, от чего зависят $\sigma_{рас}$ и $\sigma_в$ при прессовании.

Поскольку причиной появления $\sigma_{рас}$ является неравномерность деформации, то можно считать, что чем больше неравномерность деформации, тем больше $\sigma_{рас}$. Как известно, причиной неравномерности деформации являются следующие факторы: сила трения по поверхности контейнера, неравномерность температурного поля по сечению слитка, геометрический фактор. Рассмотрим их более подробно.

Силы трения по поверхности контейнера можно характеризовать напряжениями трения $\tau_{конт}$, а их влияние на растягивающие напряжения – произведением $K_{конт}\ \tau_{конт}$, где $K_{конт}$ – коэффициент пропорциональности.

Неравномерность температурного поля по сечению слитка можно характеризовать отношением $\tau_{конт}/\tau_{сред}$, а его влияние на растягивающие напряжения – отношением $K_T\ \tau_{конт}/\tau_{сред}$, где K_T – коэффициент пропорциональности; $\tau_{сред}$ – касательные напряжения при средней температуре слитка.

Геометрический фактор γ (рис. 1) можно характеризовать отношением длин траекторий движения точек по центру слитка (при прессовании прутка) или по поверхности иглы (при прессовании труб) и по периферии через очаг деформации: $\gamma = \dfrac{\overline{CD} + \overline{DE}}{\overline{AB}}$, а его влияние на растягивающие напряжения – произведением $K_\gamma\gamma$, где K_γ – коэффициент пропорциональности.

Временное сопротивление металла $\sigma_в$ на выходе из матрицы зависит, с одной стороны, от наклепа в процессе деформации, а с другой – от скорости рекристаллизации, которая в свою очередь определяется степенью деформации и температурой.

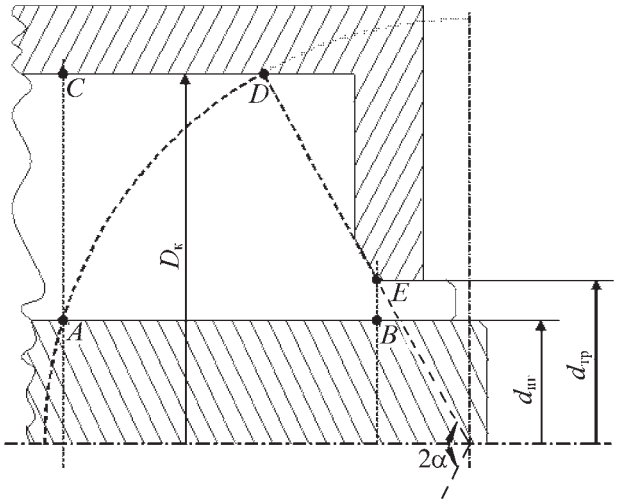


Рис. 1. Схема к определению геометрического фактора

В практическом диапазоне изменений технологических параметров прессования можно принять $\sigma_в = K_s\ \sigma_s^{кон}$, где K_s – коэффициент пропорциональности; $\sigma_s^{кон}$ – предел прочности металла на выходе из матрицы.

Тогда условие образования трещин можно записать в виде

$$K_{конт}\ \tau_{конт}\ K_T\,(\tau_{конт}/\tau_{сред})K_\gamma\gamma = K_s\ \sigma_s^{кон}$$

или

$$\frac{K_{конт}\ K_T\ K_\gamma}{K_s} = \frac{\sigma_s^{кон}\ \tau_{сред}}{\tau_{конт}^2\ \gamma}.$$

Так как коэффициенты $K_{кон}$, K_T, K_γ и K_s для каждого материала являются постоянными, то, обозначив $\dfrac{K_{конт}\ K_T\ K_\gamma}{K_s} = K_{об}$, где $K_{об}$ – обобщающий коэффициент пропорциональности, получим $K_{об} = \dfrac{\sigma_s^{кон}\ \tau_{сред}}{\tau_{конт}^2\ \gamma}$.

Используя программу "Тепло" [2, 3], можно определить $\sigma_s^{кон}$, $\tau_{сред}$, $\tau_{конт}$ для любой технологической схемы прессования по ходу шплинтона. В данном случае нужно определить значения этих параметров для начала трещинообразования. Этот момент, а следовательно, и соответствующие ему значения $\sigma_s^{кон}$, $\tau_{сред}$, $\tau_{конт}$ можно определить, используя программу "Тепло" для прессования труб на конической игле [4]. Значение $K_{об}$ для этого момента будет допустимым, обозначим его $[K_{об}]$. Если $K_{об} > [K_{об}]$, то трещин не будет, а если $K_{об} \le [K_{об}]$, то будут образовываться трещины. Значительно удобнее использовать не абсолютное значение $K_{об}$, а относительное: $N = \dfrac{K_{об}}{[K_{об}]}$, т.е. коэффициент запаса по трещинообразованию.

Данной методикой можно воспользоваться, если есть возможность провести натурный эксперимент по прессованию на конической игле и точно определить

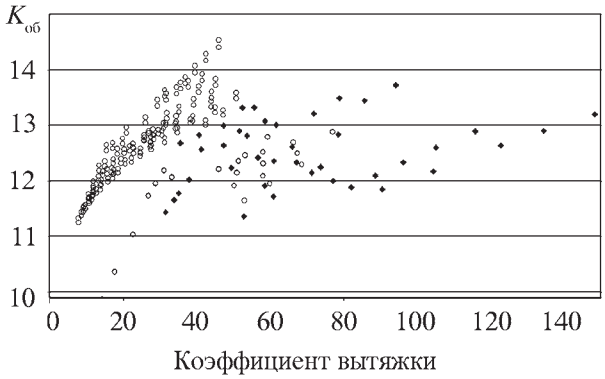


Рис. 2. Зависимость $K_{об}$ от коэффициента вытяжки для заводского сортамента труб из латуни Л63:
○ – контейнер 180 мм; ◆ – контейнер 155 мм

момент образования первой трещины. Однако в настоящее время любой натурный эксперимент связан с определенными финансовыми расходами, что не всегда реально. Поэтому определить N можно и другим способом.

На заводах цветной металлургии технологические схемы отрабатываются десятилетиями, и в технологических инструкциях отражаются только такие технологические схемы, соблюдение параметров которых не приводит к браку или недопрессовкам. Поэтому пересчетом этих схем по программе "Тепло" можно найти минимальное значение $K_{об}$ для каждого материала. Это значение и будет $[K_{об}]$.

Разработанный способ был применен при освоении нового пресса силой 16 МН на одном из предприятий. Данный пресс является более скоростным, чем работающие на предприятии, поэтому важно при переводе сортамента старого пресса на новый правильно назначить скорость прессования с гарантией отсутствия поперечных трещин и более полного использования возможностей нового пресса.

С этой целью по программе "Тепло" был просчитан весь сортамент по каждому материалу и определено минимальное значение $K_{об}$, принятое как допустимое. Для латуни Л63 (рис. 2) при прессовании в соответствии с технологической инструкцией (начальные температуры: слитка – 750 °С, контейнера – 400 °С, иглы – 200 °С, матрицы – 275 °С, пресс-шайбы – 250 °С) заводского сортамента труб на контейнерах 155 и 180 мм расчетное значение $[K_{об}]$ равно 9,88. При этом оказалось возможным в среднем для всего сортамента увеличить скорость прессования на 15...20 % без ухудшения качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Зиновьев А.В., Колпашников А.И., Полухин П.И. и др.** Технология обработки давлением цветных металлов и сплавов: Уч. для вузов. М.: Металлургия, 1992.

2. **Белов А.В., Касаткин Н.И., Белов В.Г.** Математическая модель процесса прессования медных сплавов: Сб. науч. тр. М.: МГАПИ, 2001.

3. **Белов А.В., Касаткин Н.И., Белов В.Г.** Анализ изменения температурных, скоростных и силовых параметров при прессовании труб из меди и латуни: Сб. науч. тр. М.:МГАПИ, 2004.

4. **Касаткин Н.И., Белов В.Г., Белов А.В.** Разработка методики экспериментально-теоретического определения интервалов деформируемости материалов при прессовании труб: Сб. науч. тр. М.:МГАПИ, 2004.

Николай Иванович Касаткин, д-р техн. наук;
Антон Вячеславович Белов, инженер

Решение
Совета директоров предприятий кузнечно-прессового, литейного машиностроения и заготовительных производств – членов Российской Ассоциации "Станкоинструмент"

г. Рязань 9 ноября 2006 г.

1. О состоянии производства кузнечно-прессового, литейного оборудования и другой продукции на предприятиях кузнечно-прессового, литейного машиностроения и заготовительных производств в 2006 г. и мерах по увеличению роста производства и улучшению других экономических показателей в 2007 г.

Обсудив данный вопрос, Совет директоров отмечает, что в России и на сегодняшний день имеет место тенденция к снижению производства кузнечно-прессовых машин (КПМ). В 2001–2003 гг. производство КПМ находилось на уровне 1650–1700 шт в год. В 2004 г. выпуск КПМ составил 1564 шт или 91,7 % к

выпуску 2003 г. В 2005 г. выпуск КПМ составил 1503 шт или 96 % к уровню 2004 г.

По предприятиям кузнечно-прессового машиностроения – членам Ассоциации "Станкоинструмент" выпуск КПМ за 9 месяцев 2006 г. составил 602 шт или 106,1 % к соответствующему уровню 2005 г. Объем производства (выпуск товаров и услуг) остался практически на уровне 2005 г. – 99,2 % (за первое полугодие 2006 г. этот показатель составлял 103,2 %).

Наибольший рост объемов производства обеспечили ОАО "Алтай Пресс" – 149,6 %, ОАО "Долина" – 121,0 %, ЗАО "Нелидовские Гидропрессы" – 110,8 %, по предприятиям литейного машиностроения – ОАО "Сиблитмаш" – 120,2 %.

Предприятия литейного машиностроения ОАО "Сиблитмаш" и ООО "Амурлитмаш" увеличили в 2006 г. выпуск литейных машин (ЛМ) против соответствующего уровня 2005 г. в количественном отношении на 165,5 %.

В 2005 г. экспорт КПМ из России составил 1330 шт на сумму 43,18 млн долларов США или 166,7 по количеству и 291,9 % по стоимости к 2004 г. Наибольшее количество поставлено гибочных (493 шт) и ковочных (421 шт) машин. Средняя стоимость единицы экспортной КПМ составила 32,5 тыс. дол.

Импорт составил 5142 шт КПМ на сумму 225 млн дол. (рост к уровню 2004 г. по количеству составил 107,4 %, по стоимости – 189,3 %). Основной объем импорта составили гибочные машины (2100 шт), пресс-ножницы (1100 шт), различные пробивные машины по листу (750 шт). Гидравлических прессов было ввезено 884 шт. Средняя стоимость закупленных КПМ – 49,6 тыс. дол.

Основными причинами недостаточно высоких темпов увеличения производства КПМ являются продолжающиеся кризисные явления в машиностроительном комплексе страны и, как следствие, незначительный спрос на металлообрабатывающее оборудование, а также увеличивающийся импорт в страну станочного и кузнечно-прессового оборудования западными фирмами, которые довольно успешно конкурируют с отечественными производителями станкоинструментальной продукции.

Существенную группу составляют внутренние причины самих предприятий: выпуск устаревшей и недостаточно производительной, а в некоторых случаях и недостаточно качественной продукции, не удовлетворяющей запросы заказчиков; недостатки в организации производства и режимах экономии материалов и энергоресурсов, что не приводит к желаемому снижению цен на отечественные КПМ и устойчивости их на рынках. Требуют улучшения постановка маркетинговых исследований рынка, а также работа с крупными машиностроительными предприятиями, осуществляющими зачастую техническое перевооружение своих производств преимущественно западным оборудованием.

Совет директоров отмечает с положительной стороны начало работ по реализации на предприятиях 2-, 3-летних планов создания новых видов кузнечно-прессового, литейного оборудования, а также принятых 28 июня 2006 г. Советом директоров Ассоциации "Станкоинструмент" "Рекомендаций по освоению новых перспективных технологических процессов в области обработки металлов давлением (ОМД) и созданию и производству по ним новых видов кузнечно-прессового оборудования" (см. журнал "Заготовительные производства в машиностроении" № 10 за 2006 г.).

Задача теперь заключается в том, чтобы каждое предприятие настойчиво искало заказчиков нового оборудования, проводило научно-исследовательские, опытные, проектные работы, изготовляло опытные образцы и доводило их до необходимых качественных характеристик. Большую роль в реализации планов новой техники может сыграть намечаемая помощь от государства при реализации федеральных программ в рамках разработанной и рассматриваемой в настоящее время Правительством Российской Федерации "Стратегии развития станкоинструментальной промышленности на период до 2015 года".

Заслушав сообщение А.М. Володина, генерального директора ОАО "Тяжпрессмаш", Совет директоров отмечает положительный опыт коллектива завода по созданию и производству в последние годы значительно модернизированного тяжелого кузнечно-прессового оборудования: автоматических линий на базе многопозиционных горячештамповочных автоматов по производству заготовок колец подшипников, автоматических линий на базе горизонтально-ковочных машин (ГКМ) с горизонтальным разъемом матриц по выпуску штанг глубинных насосов, автоматизированных гидравлических прессов для штамповки заготовок типа "стакан". Все упомянутое оборудование изготовлено и поставлено с использованием установок индукционного нагрева металла.

Много сделано на ОАО "Тяжпрессмаш" по техническому и технологическому перевооружению металлургического производства. Реализован проект модернизации 20-тонной сталеплавильной печи на переменном токе на агрегат постоянного тока (ДППТУ – 20), в ходе которого удалось значительно сократить расход электроэнергии, улучшить эксплуатационные характеристики печи, улучшить качество

слитков. В кузнечном цехе получили применение новые нагревательные камерные печи с уменьшенными камерами для нагрева слитков, ковка на гидравлических ковочных прессах с использованием разработанных на заводе четырехбойковых ковочных устройств. Внедрение упомянутых и других нововведений сопровождалось получением значительного экономического эффекта.

Совет директоров положительно оценивает появляющийся опыт хозяйствования в рыночных условиях ОАО "Тяжпрессмаш", ОАО "Сиблитмаш" по диверсификации, организации производства сложной наукоемкой продукции: на первом заводе это свыше 200 наименований буровой техники для нефтегазовой промышленности, на втором – выпуск чугунной фасонной арматуры и оборудования для коксохимической промышленности и различных шахт. В настоящее время такой опыт появился и на ОАО "Алтай Пресс", на котором на базе высокоэффективного оборудования фирмы "Трумпф" создан Сибирский региональный центр листообработки.

Новые производства позволили улучшить финансовое положение предприятий, решить кадровые и социальные проблемы и самое главное сохранить и укрепить службы главного конструктора, технолога и другие, что позволило, в свою очередь, выпускать высококачественную технику – тяжелые КПМ, другое прессовое оборудование, различные литейные машины, успешно конкурирующие с оборудованием западных фирм.

Совет директоров РЕШИЛ:

1. Рекомендовать генеральным директорам предприятий кузнечно-прессового, литейного машиностроения и заготовительных производств в приоритетном порядке обеспечить в 2007 г. рост объемов производства, выпуска КПМ и ЛМ, эффективности производства, используя по примеру ОАО "Тяжпрессмаш", ОАО "Сиблитмаш", ОАО "Алтай Пресс" такие инструменты хозяйствования, как диверсификация производства, постановка на производство новой наукоемкой пользующейся спросом продукции.

Оставлять при этом в сохранности производственные мощности и подготовленные рабочие и инженерные кадры для выпуска основной номенклатуры изделий – кузнечно-прессовых и литейных машин, настойчиво изыскивать возможность для наращивания их выпуска.

2. Одобрить опыт ОАО "Тяжпрессмаш" (генеральный директор А.М. Володин) по работе в условиях рынка: по увеличению объемов производства на базе выпуска пользующейся спросом наукоемкой продукции, резкому повышению эффективности производства на основе использования прогрессивных нововведений и повышению на этой основе благосостояния трудового коллектива.

Руководителям предприятий кузнечно-прессового, литейного машиностроения и заготовительных производств использовать данный опыт в практической работе по руководству своими коллективами.

3. В целях повышения конкурентоспособности, потребительских свойств и качества отечественного кузнечно-прессового, литейного оборудования считать первоочередной и приоритетной задачей каждого руководителя предприятия обеспечение на основе достижений науки и техники высокого технического уровня выпускаемой продукции.

Считать необходимым в этих целях проведение на предприятиях планомерной модернизации и обновления выпускаемого кузнечно-прессового, литейного и другого оборудования. Использовать при этом утвержденные 28 июня 2006 г. Советом директоров Ассоциации "Станкоинструмент" "Рекомендации по освоению новых перспективных технологических процессов в области обработки металлов давлением (ОМД) и созданию и производству по ним новых видов кузнечно-прессового оборудования".

Рекомендовать генеральным директорам пересмотреть в сторону увеличения и улучшения в качественном отношении имеющиеся 2-, 3-летние (на 2006–2008 гг.) планы создания новых видов оборудования, в том числе для машиностроения. Полнее использовать возможности Ассоциации "Станкоинструмент" по включению планов НИОКР предприятий в различные государственные программы финансирования.

Рекомендовать аппарату Ассоциации "Станкоинструмент" усилить помощь предприятиям по включению планов НИОКР в различные государственные программы финансирования.

4. Отметить, что в нынешних условиях (при прекращении деятельности в результате реформ отраслевых научно-исследовательских организаций, НИИ и КБ) центр тяжести при проведении научно-исследовательских работ в области технологий в металлообработке, кузнечно-прессового и литейного оборудования, сварочных работ переносится на соответствующие кафедры российских технических вузов, в первую очередь МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГТУ "Станкин", МГВМИ и других ведущих вузов в регионах страны, которые по заказам предприятий на договорных началах при финансировании с их стороны могут выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по упомянутой тематике.

Рекомендовать руководителям предприятий использовать эти возможности, обращаться к руководи-

телям вузов и кафедр при модернизации и создании новых видов оборудования, организовывать взаимодействие собственных конструкторских служб и научных работников вузов.

5. Рекомендовать руководителям предприятий принимать активное участие в организуемых Ассоциацией "Станкоинструмент" международных и региональных машиностроительных выставках, в том числе в коллективных экспозициях.

6. Рекомендовать генеральным директорам предприятий при организации сбыта продукции сотрудничать на договорных началах с созданными Ассоциацией "Станкоинструмент" совместно с местными органами региональными центрами технологического развития (РТЦ)

Председатель Совета директоров предприятий КП, ЛМ и заготовительных производств Ассоциации "Станкоинструмент" **А.М. Володин**

Секретарь Совета директоров **А.И. Волохин**

ВНИМАНИЕ

Продолжается подписка на журнал
"Заготовительные производства в машиностроении"
на I полугодие 2007 г.

Подписной индекс: **81580** – *в каталоге агентства "Роспечать";*
39205 – *в объединенном каталоге "Пресса России";*
60261 – *"Каталог российской прессы "Почта России".*

Подписку можно оформить непосредственно
в ОАО "Издательство "Машиностроение"
за наличный и безналичный расчёт;
с любого номера и на любой срок;
без почтовых наценок

Приём заказов на подписку: **(495) 269-66-00**; факс: **(495) 269-48-97**.
(Журналы за предыдущие месяцы можно заказать при наличии их на складе, телефон для справок: (495) 268-69-00)
E-mail: zpm@mashin.ru

Ордена Трудового Красного Знамени ОАО "Издательство **"Машиностроение"**,
107076, Москва, Стромынский пер., 4/1, стр. 3
Учредитель ООО "Издательство Машиностроение – 1".
E-mail: zpm@mashin.ru
Телефоны редакции журнала: (495) 268-47-19, 268-36-54, 268-69-19. **http://www.mashin.ru**
Дизайнер *Погорелова Т.Н.*
Технический редактор *Жиркина С.А.*
Корректоры *Сажина Л.И., Сонюшкина Л.Е.*
Сдано в набор 29.11.06 г. Подписано в печать 18.01.07 г. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 7,35 (в т.ч. вкл. 0,49). Уч.-изд. л. 8,69 (в т.ч. вкл. 0,75). Заказ 111. Свободная цена.
Оригинал-макет и электронная версия подготовлены в ОАО "Издательство "Машиностроение".
Отпечатано в Подольской типографии – филиале ОАО "ЧПК". 142110, Подольск, ул. Кирова, д. 15.