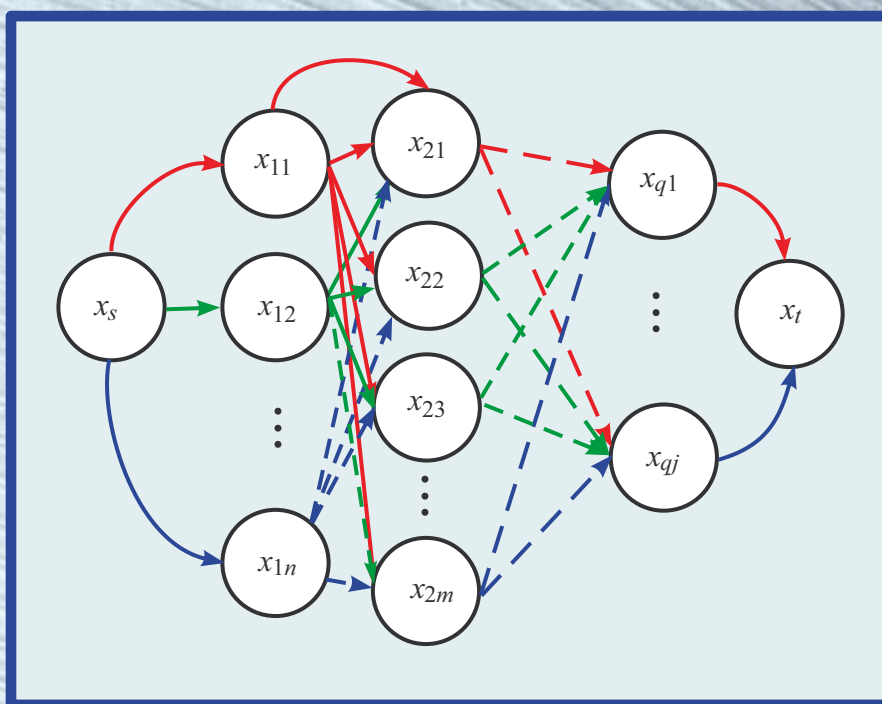




Технология Колебания

Материалы конференции Техническая информация Знаменательные даты



Сетевой граф формирования вариантов структурных компоновок сборных режущих инструментов



ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА!



20 апреля 2009 года исполнилось **55 лет** доктору технических наук, профессору, Заслуженному работнику высшей школы РФ, заведующему кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» Кузбасского государственного технического университета
**Александру Николаевичу
Короткову**

Коротков А.Н. в 1976 г. окончил Кузбасский политехнический институт по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». В 1977 г. поступил в очную аспирантуру Московского станкоинструментального института, а в 1980 г. защитил кандидатскую диссертацию и стал работать на кафедре «Металлорежущие станки и инструменты» («МСИИ») КузГТУ сначала в должности ассистента, затем старшего преподавателя, доцента, а с 1986 г. и по настоящее время — заведующий этой кафедрой. В 1985–1986 гг. прошел девятимесячную научную стажировку по теме докторской диссертации в Техническом университете г. Кемнитц (Германия). В 1990 г. поступил в докторантуру Московского государственного технологического университета «МАМИ», а в 1993 г. защитил докторскую диссертацию.

Большое внимание профессор А.Н. Коротков уделяет подготовке инженеров и научных работников. За годы заведования кафедрой выпущено порядка 900 инженеров по специальности 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы». За последние годы на кафедре открыты 3 специализации, в 2006 г. открыта новая специальность 220501 «Управление качеством» и подготовка по магистерской программе 150910 «Инструментальное обеспечение машиностроительных производств». В течение последних 10 лет А.Н. Коротков вместе с преподавателями кафедры сотрудничает с межшкольным учебным комбинатом по вопросам довузовской подготовки школьников старших классов в объеме 12 групп в год. В результате на кафедре сформирован единый и многоуровневый цикл обучения от довузовского образования до подготовки кадров высшей квалификации. В 1999 г. по инициативе А.Н. Короткова заключен договор с кафедрой станкостроения Технического университета г. Кемнитц (Германия), в рамках которого реализована концепция дополнительного образования и переподготовки специалистов путем прохождения обучения, стажировок, различного вида практик, дипломирования и защиты дипломных проектов студентами, аспирантами и преподавателями как из КузГТУ, так и ТУ Кемнитц. За годы сотрудничества реализовано 42 зарубежных визита: 24 — из России в Германию, 18 — из Германии в Россию.

Как ученый А.Н. Коротков более 30 лет занимается проблемами совершенствования эксплуатационных показателей шлифовальных инструментов. Под его руководством защищено шесть кандидатских и четыре магистерских диссертаций, шесть диссертаций готовятся к защите. В сферу научных интересов А.Н. Короткова входит также проблема управления качеством и темы на стыке науки о резании материалов и медицины, такие как: «Повышение эффективности сверления костных тканей» (совместно с клиникой «Стоматолог»), «Исследование травматологических аспектов применения дисковых фрез» (совместно с Медакадемией), «Разработка биопротезов клапанов сердца» (совместно с Кардиоцентром). Научная деятельность А.Н. Короткова отражена в 259 статьях, 7 монографиях, 12 патентах РФ.

В 1999 г. А.Н. Коротков стал действительным членом Российской академии естествознания (РАЕ), в 2004 г. — действительным членом Академии проблем качества, в 2005 г. — действительным членом Международной академии наук высшей школы. С 1998 г. он является председателем Кузбасского регионального отделения РАЕ, объединяющего шесть вузов Кузбасса. А.Н. Коротков — член редакционного совета журнала «Обработка металлов», член Всероссийской организации качества, ученый секретарь Кемеровского центра Сибирского отделения Академии наук высшей школы, Президент Кемеровского регионального отделения АПК, консультант Отдела систем менеджмента качества (СМК) КузГТУ. За результаты в научно-педагогической деятельности и вклад в подготовку научных и инженерных кадров А.Н. Коротков неоднократно поощрялся дипломами, грамотами, благодарительными письмами от городской и областной администрации, руководства вуза. Он награжден медалями: имени «Альфреда Нобеля»; «65 лет Кемеровской области»; «За веру и добро»; «50 лет КузГТУ», а также нагрудными знаками: «Выдающиеся ученые России», «Основатель научной школы», «Честь и слава КузГТУ».

Редакционный совет журнала «Обработка металлов» поздравляет Александра Николаевича с юбилеем и желает ему дальнейших творческих успехов и научных достижений.

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

ISSN 1994-6309



№ 2(43)/2009

технология • оборудование • инструменты
научно-технический и производственный журнал

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Сопредседатели совета

- Пустовой Н.В.** – ректор НГТУ, профессор, доктор технических наук, Заслуженный деятель науки РФ, член Национального комитета по теоретической и прикладной механике,
Пискунов А.А. – генеральный директор ОАО НПТ и ЭИ «Оргстанкинпром», член-корреспондент Международной Академии общественных наук, доцент.

Члены совета

Анисименко Г.Е., директор производственно-технологической фирмы «Сигма-инструмент»; **Атапин В.Г.**, профессор, д.т.н., НГТУ; **Афанасьев В.К.**, академик РАЕ, профессор, д.т.н., СибГИУ; **Балков В.П.**, зам. ген. директора АО «ВНИИинструмент», к.т.н.; **Батаев А.А.**, профессор, д.т.н., НГТУ; **Буров В.Г.**, профессор, к.т.н., НГТУ; **Герасенко А.Н.**, директор ООО НПКФ «Машсервисприбор»; **Кирсанов С.В.**, профессор, д.т.н., ТПУ; **Коган Б.И.**, член-корр. РАЕН, профессор, д.т.н., КузГТУ; **Коротков А.Н.**, академик РАЕ, профессор, д.т.н., КузГТУ; **Кудряшов Е.А.**, профессор, д.т.н., ЧитГТУ; **Морозов Б.В.**, советник ген. директора ОАО НПТ и ЭИ «Оргстанкинпром», к.т.н.; **Овчаренко А.Г.**, профессор, д.т.н., БТИ АлтГТУ; **Рахимьянов Х.М.**, профессор, д.т.н., НГТУ; **Сараев Ю.Н.**, профессор, д.т.н., ИФПМ СО РАН; **Смольников Н.Я.**, профессор, д.т.н., ВолгГТУ; **Сулов А.Г.**, профессор, д.т.н., Засл. деятель науки и техники РФ, БрянГТУ.

ИЗДАТЕЛИ

ГОУ ВПО «Новосибирский государственный
технический университет»
ОАО НПТ и ЭИ «Оргстанкинпром»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Батаев А.А.** – главный редактор, профессор,
доктор технических наук
Атапин В.Г. – зам. главного редактора, профессор,
доктор технических наук
Морозов Б.В. – зам. главного редактора, кандидат
технических наук (технология, инструменты)
Герасенко А.Н. – зам. главного редактора (оборудование)

ИЗДАЕТСЯ С 1999 г.

Периодичность – 4 номера в год

Журнал реферируется ВИНТИ

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory»

Журнал награжден в 2005 г. Большой Золотой Медалью Сибирской Ярмарки за освещение новых технологий, инструмента, оборудования для обработки металлов

Журнал зарегистрирован 05.04.2006 г. Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-23961

Индекс: 70590 («РОСПЕЧАТЬ»)

Адрес редакции:

630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), корп. 5, к. 274

Тел. (383) 346-17-77

E-mail: obrmet@ngs.ru

Цена свободная

Перепечатка материалов из журнала «Обработка металлов» возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала; ссылка на журнал при перепечатке обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ

- Афанасьев В.К., Лаврова Н.Б., Долгова С.В., Толстогузов В.Н.** Влияние термической обработки шихты на свойства железных и алюминиевых сплавов 3
- Бондарь Е.Б., Марков А.М.** Точение стеклопластиков резаками со сменными многогранными пластинами 6
- Ситников А.А., Татаркин Е.Ю., Татаркин В.Е.** Анализ видов и последствий потенциальных дефектов в технологических процессах изготовления деталей с покрытиями 11
- Прудников А.Н.** Технология приготовления и обработки алюминиевого сплава для стеклометаллических соединений 14
- Попелюх А.И., Теплых А.М., Терентьев Д.С., Огнев А.Ю.** Повышение конструктивной прочности деталей ударных машин термической обработкой с созданием в стали смешанной структуры 19

КОЛЕБАНИЯ

- Кряжев Ю.А., Огневенко Е.С., Титова Е.В.** К вопросу о рассеянии энергии при колебаниях осевого режущего инструмента 25

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- Лукина С.В.** Моделирование процедур формирования и выбора структурных компоновок сборных режущих инструментов на основе сетевых граф-моделей 28
- Коротков А.Н., Дубинкин Д.М.** Исследование эксплуатационных возможностей обдирочных кругов с контролируемой формой зерен 31
- Коротков А.Н., Шатыко Д.Б.** Усовершенствование конструкции лепесткового круга 34

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- Гришина Е.** Полимерные покрытия для стали: эффективная защита 36
- Гришина Е.** Сервисные металлоцентры: рейтинг требований к обработке металлов 39

CONTENTS

TECHNOLOGY

- Afanasyev V.K., Lavrova N., Dolgova S., Tolstoguzov V.** Influence of initial materials heat treatment on properties of iron and aluminum alloys 3
- Bondar E., Markov A.** Fiberglass materials turning by tools with replaceable and index able inserts cutters 6
- Sitnikov A., Tatarkin E., Tatarkin V.** Analysis of types and effects of potential failures when manufacturing parts with different coatings 11
- Prudnikov A.** Process and treatment of aluminum-silicon alloy for glass metal compounds 14
- Popelyukh A., Teplykh A., Terentjev D., Ognev A.** Structural strength improvement in parts of impact mechanisms by thermal treatment followed by creation of mixed structure in steel 19

VIBRATION

- Kryagev Yu., Ognevenko E., Titova E.** On issue of energy dissipation at axial cutter oscillating 25

MATERIALS OF CONFERENCE

- Lukina S.** Modeling procedures for formation and choice of structural component layout of modular cutting tools using network graph-models 28
- Korotkov A., Dubinkin D.** Research in operational capabilities of snagging wheels with controlled grains form 31
- Korotkov A., Shatyko D.** Engineering development of flap grinding wheel 34

TECHNICAL INFORMATION

- Grishina E.** Polymeric coatings for steel: effective protection 36
- Grishina E.** Metal Service Centres: Rating of Metal Processing Requirements 39

 Корректор *Л.Н. ВЕТЧАКОВА*

 Художник-дизайнер *А.В. ЛАДЫЖСКАЯ*

 Компьютерная верстка *В.Н. ЗЕНИНА*

Подписано в печать 14.06.09. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.

Усл. печ.л. 5,0. Уч.-изд. л. 9,3. Заказ 972. Тираж 1000 экз.

 Отпечатано в типографии Новосибирского государственного технического университета
 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА!

Редакционный совет научно-технического и производственного журнала «Обработка металлов» поздравляет ПИСКУНОВА АНДРЕЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА с юбилейной датой и желает ему крепкого сибирского здоровья, дальнейших успехов в научной и производственной деятельности, долгих лет жизни



АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ родился 26 июля 1949 года в Новосибирске. В 1972 году окончил Новосибирский институт народного хозяйства по специальности «Экономика и организация труда» и был распределен в Научно-исследовательский институт прикладной геодезии, где проработал до 1993 года, пройдя путь от младшего научного сотрудника до заместителя директора института по экономике. Областью научных и производственных интересов А.А. Пискунова в этот период являлась экономика и организация топографо-геодезического производства и науковедение. Автор более 60 опубликованных научных работ, доцент, член-корреспондент Международной академии науковедения, Международной академии общественных наук. Награжден знаком «Отличник геодезии и картографии», присвоено звание «Почетный геодезист».

В 1993 году А.А. Пискунов перешел на работу в Новосибирское территориальное управление Министерства по антимонопольной политике РФ, где работал в должности заместителя начальника управления.

В настоящее время – генеральный директор Новосибирского проектно-технологического и экспериментального института «Оргстанкинпром». Основными направлениями деятельности института являются модернизация, восстановление и ремонт высокопроизводительного металлорежущего оборудования, проектирование технологических процессов. За период работы в ОАО НПТ и ЭИ «Оргстанкинпром» А.А. Пискунов награжден семью высшими общественными наградами РФ, а институт получил свыше 40 дипломов различных выставок и конференций.

УДК 621.785:[669.262.4:[669.13+669.713]]

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ШИХТЫ НА СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

В.К. АФАНАСЬЕВ, академик РАЕН, профессор, доктор техн. наук, СибГИУ, г. Новокузнецк

Н.Б. ЛАВРОВА, доцент, СФУ, г. Красноярск

С.В. ДОЛГОВА, аспирант, СибГИУ, г. Новокузнецк

В.Н. ТОЛСТОГУЗОВ, ведущий инженер, ОАО «Полиметалл», г. Санкт-Петербург

В работе изучены особенности влияния термической обработки шихты на свойства железных и алюминиевых сплавов. Объемная доля графита в чугунах, микротвердость основы, плотность и предел прочности изменяются по определенной закономерности. Алюминиевые сплавы, приготовленные на термообработанной шихте, имеют повышенные механические свойства, жидкотекучесть и плотность.

In work features of influence of thermal processing of initial materials on properties of iron and aluminium alloys are studied. A volume fraction of graphite in pig-iron, microhardness of a basis, density and strength change on the certain law. The aluminium alloys prepared on heat-treated initial material, have the raised mechanical properties, casting properties and density.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ШИХТА, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ, ЖЕЛЕЗНЫЕ СПЛАВЫ, СВОЙСТВА.

Ранее нами было показано, что электролитическое наводороживание шихты может существенно влиять на свойства чугуна, стали и железа [1].

Настоящую работу следует рассматривать как вторую часть исследований влияния предварительной обработки шихты на свойства сплавов.

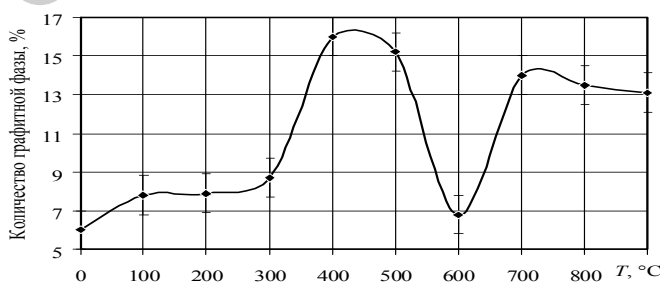


Рис. 1. Влияние термической обработки шихты на объемную долю графита чугуна СЧ 20

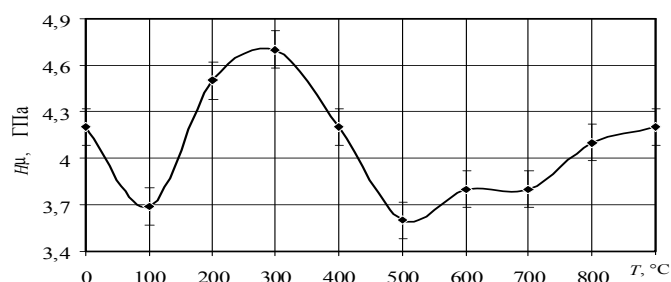


Рис. 2. Влияние термической обработки шихты на микротвердость основы чугуна СЧ 20

Объектами исследования были чугун СЧ-20 и алюминиевые сплавы систем Al-Si и Al-Mg.

Предварительная термическая обработка шихты заключалась в нагреве в интервале 20...900 °С с выдержкой 5 ч и охлаждением на воздухе. В дальнейшем приготовление железных сплавов и анализ их свойств проводились по методике [1].

Установлено, что предварительная термическая обработка шихты при постоянном времени оказывает существенное влияние на структуру и свойства чугуна СЧ-20. Прежде всего предварительная термическая обработка шихты оказывает влияние на объемную долю графита в структуре чугуна. Установлено (рис. 1), что объемная доля графита существенно увеличивается при использовании шихты, нагретой до 500 °С. При более высоком нагреве шихты объемная доля графита уменьшается. Минимальное количество графита наблюдается после нагрева шихты при 600 °С. При измерении микротвердости металлической основы чугуна установлено ее существенное увеличение после нагрева в интервале 200...400 °С. Это связано с частичным образованием выделений цементита. При более высоком нагреве шихты выделения цементита исчезают, и твердость основы резко снижается (рис. 2).

В то же время измерения плотности чугуна, приготовленного на предварительно обработанной шихте, показало, что плотность в связи с увеличением объемной доли графита плавно снижается в случае нагрева шихты до 500 °С (рис. 3). Более высокие температуры нагрева

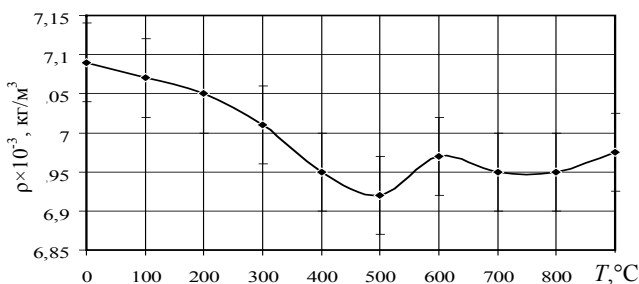


Рис. 3. Влияние термической обработки шихты на плотность чугуна СЧ 20

приводят к некоторому увеличению плотности, но все-таки она остается ниже, чем у чугуна, приготовленного обычным способом.

Естественно, что увеличение объемной доли графита приводит к снижению прочности чугуна (рис. 4). Такое снижение может достигать 185...180 МПа вместо исходных 210...215 МПа.

Полученные результаты позволяют сделать существенный вывод о том, что с помощью предварительной термической обработки можно изменить структурно-фазовое состояние шихтового чугуна, что в последующем наследуется чугуном окончательного состава.

Влияние предварительной термической обработки изучалось также на алюминиевых сплавах. Она заключалась в нагреве до определенных температур, выдержке и охлаждении. Приготовленные в цеховых условиях алюминиевые сплавы на термообработанной шихте имеют повышенные механические свойства, жидкотекучесть и плотность. Эффективность этого способа обработки шихты определяется скоростью охлаждения (табл. 1).

Заметим, что самая меньшая пластичность окончательно приготовленного сплава наблюдается при предварительной обработке шихты с охлаждением с печью. Это, возможно, происходит потому, что при охлаждении силуминов с температуры 535 °С с печью в их микроструктуре наблюдается большое количество продуктов распада по дендритам твердого раствора. Эти продукты образуются в результате распада водорода и других примесных элементов в осно-

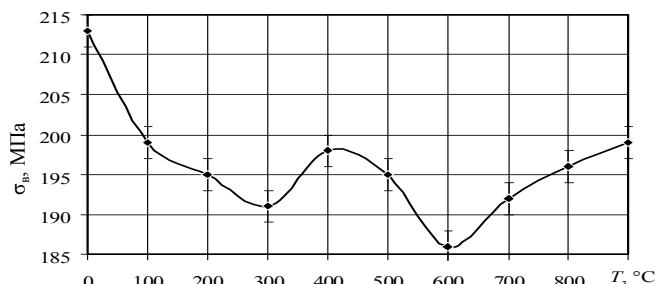


Рис. 4. Влияние термической обработки шихты на предел прочности чугуна СЧ 20

Влияние вида охлаждения шихты (535 °С, 1 ч) на механические и литейные свойства сплава АК12

Среда охлаждения	Механические свойства		Жидкотекучесть, мм	Линейная усадка, %
	σ_b , Па	δ , %		
Обычное приготовление	170	6,7	329	1,15
Воздух	185	10,5	335	0,98
Вода	190	7,9	340	0,98
Печь	177	4,4	323	0,95

ве при пребывании образцов в интервале 200... 400 °С [2].

В общем, по этим результатам можно сделать заключение, что предварительная термическая обработка может оказать определенное влияние на механические и литейные свойства алюминиевых сплавов.

Исследование влияния предварительной термообработки шихты на свойства отливок проводилось и на сплаве АМг6Л.

Шихтовый сплав в виде брусков обрабатывали в течение 24 часов при температуре 435 °С, а затем охлаждали в кипящей воде. Плавил в лабораторной печи сопротивления в стальном крашеном тигле емкостью 3 кг. Шихту, не подвергавшуюся термообработке, расплавляли полностью; а термообработанную (70 % от веса плавки) вводили порциями под зеркало расплава. Часть отливок в виде пластин толщиной 15 мм использовали для испытания механических свойств, а остальные для испытания свариваемости.

Установлено, что приготовление сплава на термообработанной шихте обеспечивает получение более мелкодисперсных отливок (размер зерна в среднем 0,36 мм), чем выплавленных с использованием нетермообработанной шихты (размер зерна 0,81 мм). При исследовании микроструктуры замечены следующие различия. В отливках с мелким зерном количество выделений β -фазы и травимость границ зерен несколько больше, а микротвердость центральной части дендрита α -твердого раствора ниже и составляет 460 МПа против 530 МПа. Плотность образцов также различна и составляет 2,6012 г/см³ – для мелкокристаллических и 2,6093 г/см³ – для крупнокристаллических. Механические свойства сплава в мелкокристаллических отливках составили $\sigma_b = 255$ МПа, $\delta = 16$ %, а в крупнокристаллических – $\sigma_b = 235$ МПа, $\delta = 12$ %.

Перед сваркой донную часть отливок на ширине 35 мм фрезеровали до толщины 4 мм. Сваривали универсальным автоматом на специальном стапеле для выполнения продольных швов с использованием присадочной проволоки из сплава АМг6.

Исследование сварных соединений показало существенное различие их как по структуре, так и по свойствам в зависимости от исходной шихты. Во-первых, величина зерна в шве, полученном при сварке мелкокристаллических отливок, имеет размер в среднем 0,12 мм, тогда как в другом случае – 0,32 мм. Во-вторых, травимость тела зерна по междендритным пространствам выше для мелкокристаллических швов. Третья особенность заключается в том, что при сварке мелкокристаллических отливок образуется широкая зона частичного оплавления зерен не только по границам, но и по междендритным пространствам. Значения прочности сварных соединений близки к полученным на отливках ($\sigma_b = 260$ МПа и 230 МПа), однако пластичность образцов с широкой зоной частичного оплавления снижается ($\delta = 11,5$ % и 11,2 % соответственно). Разрушение сварных образцов из крупно-кристаллических отливок происходит по основному металлу, а из мелкокристаллических – по переходной зоне.

Приведенные результаты показывают, что условия приготовления литейных алюминиевых сплавов влияют не только на структуру и свойства отливок, но и на качество сварных соединений.

По проведенным исследованиям можно сделать вывод о том, что предварительная термическая обработка шихты, как и электролитическое наводороживание [1], может оказывать влияние на формирование структурно-фазовых соотношений, что существенно отразится на технологических и служебных свойствах сплавов окончательного состава.

Список литературы

1. *Афанасьев В.К.* Влияние наводороживания шихты на свойства чугуна, стали и железа / В.К. Афанасьев, С.В. Долгова, Н.В. Гришков, Н.Б.Лаврова, В.Н. Толстогузов // *Обработка металлов.* – 2008. – № 3. – С.7–10.
2. *Афанасьев В.К.* Некоторые закономерности изменения пластичности алюминия и его сплавов // *Металлы.* – 1978. – № 6. – С.195–199.

ТОЧЕНИЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ РЕЗЦАМИ СО СМЕННЫМИ МНОГОГРАННЫМИ ПЛАСТИНАМИ

*Е.Б. БОНДАРЬ, канд. техн. наук, ст. преп.,
А.М. МАРКОВ, профессор, доктор техн. наук,
АлтГТУ им. И.И.Ползунова, г. Барнаул*

Установлены зависимости между основными технологическими параметрами процесса точения стеклопластика: режимами резания, типом многогранных неперетачиваемых пластин, силой резания, точностью формы обработанной поверхности и видом стружки.

Dependences between the basic technological parameters turning of fiberglass are established: modes of cutting, type of many-sided cutting plates, force of cutting, accuracy of the form of the surface and a kind of a chip.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СТЕКЛОПЛАСТИКИ, ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА, МНОГОГРАННЫЕ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫЕ ПЛАСТИНЫ, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ.

Стеклопластики являются одной из многочисленных групп пластических масс. Многообразие типов наполнителей и связующих, видов ориентации волокон и методов изготовления позволяют создавать стеклопластики с разнообразными физико-механическими свойствами, обладающие различной степенью обрабатываемости. Существует класс деталей из стеклопластиков (корпуса геофизических приборов, высоковольтные электроизоляторы, телескопические шахтные стойки), к которым предъявляются повышенные требования по качеству поверхности, точности формы и размеров. Методы получения заготовок из этого материала не позволяют обеспечить данные требования. Поэтому в большинстве случаев необходима дальнейшая механическая обработка, наиболее распространенным видом которой является точение.

Обеспечение требований, предъявляемых к стеклопластикам по качеству поверхности, точности размеров и формы затруднено рядом проблем, решение которых рассматривалось в работах Степанова А.А. [1], Руднева А.В. [2], Королева А.А. [2], Штучного Б.П. [3] и др. Кроме того, следует выделить еще одну из особенностей обработки стеклопластиков. В процессе

точения стеклопластика может образовываться сливная стружка, которая наматывается на заготовку, что делает невозможной дальнейшую обработку, а также пылевидная стружка, состоящая из частиц стекла и связующего. Пылевидная стружка во взвешенном состоянии распространяется по производственному помещению, оказывая вредное воздействие на здоровье человека и загрязняя окружающую среду.

Несмотря на проведенные на данный момент исследования, нет четких рекомендаций по выбору оптимального типа сменных многогранных пластин (СМП) для точения стеклопластика, так как не установлены зависимости сил резания и точности обработки от типа пластин и режимов резания. Существующие рекомендации по выбору режимов обработки разрозненны и зачастую противоречивы; нет рекомендаций по управлению видом образующейся стружки с помощью геометрических параметров режущего инструмента, режимов резания и типов применяемых СМП.

Для установления необходимых зависимостей были проведены экспериментальные исследования по точению стеклопластика резцами с СМП. В качестве экспериментальных образцов для проведения исследований взя-

Т а б л и ц а 1

Физико-механические характеристики стеклопластика КППН

Прочность, МПа	Растяжение	В кольцевом направлении	600...1000
		В осевом направлении	200...350
	Сжатие	В кольцевом направлении	300...500
		В осевом направлении	150...300
Изгиб	В осевом направлении	500...700	
Модуль упругости, МПа	В кольцевом направлении		$30...50 \cdot 10^3$
	В осевом направлении		$20...35 \cdot 10^3$
Плотность, кг/м ³			2000±100
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)			0.30...0.43
Коэффициент Пуассона			0.28...0.32

ты трубы из стеклопластика КППН длиной 1200 мм, диаметром 120 мм и толщиной стенки 10 мм. Стеклопластик КППН состоит из стеклонити ВМ и эпоксидного связующего ЭДИ или совмещенного эпоксифенолформальдегидного связующего ИФ-ЭД6 по ТУ 16-504-010-71. Его основные физико-механические характеристики приведены в табл. 1.

Для проведения экспериментальных исследований разработан автоматизированный стенд сбора и обработки технологической информации, включающий токарно-винторезный станок модели 1К62, резец тензометрический, тензостанцию УТ4-1; многофункциональную плату

ввода/вывода (АЦП) ЛА-70, компьютер; кругломер модели 290 завода «Калибр».

Обработка проводилась режущим инструментом с СМП различных типов из твердого сплава ВК8. Из литературных источников [1, 2, 3] установлено, что оптимальными геометрическими параметрами напайного инструмента для точения стеклопластика являются следующие: $\alpha = 20^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 15-25^\circ$. Исходя из этого были определены типы СМП (табл. 2), обеспечивающие необходимые значения геометрических параметров режущего инструмента при установке их на специально разработанную конструкцию тензометрического резца.

Т а б л и ц а 2

Типы режущих пластин и их геометрические параметры

Тип пластины	HNUM	HNUA	PNUM	PNUA
				
Геометрические параметры пластин при установке их на резец, град				
Задний угол α	20	20	20	20
Передний угол γ	-5	-20	-5	-20
Угол в плане φ	45	45	45	45
Вспом. угол в плане φ_1	12	12	25	25

Математические зависимости силы P_z от режимов резания для различных типов сменных многогранных пластин

Вид зависимости	Тип пластины	Значение коэффициентов		
		A	x	Y
$P_z = A S^x t^Y, \text{H}$	HNUM	253	0.64	0.97
	HNUA	276	0.68	1.04
	PNUM	239	0.66	1.02
	PNUA	277	0.76	1.05

В результате экспериментов был получен ряд моделей расчета отклонения от круглости в зависимости от режимов обработки. Так, для режущей пластины HNUM модель имеет следующий вид:

$$\Delta_{\text{круг}} = 25.5 V^{0.31} S^{0.46} t^{0.01}, \quad (1)$$

Анализ полученных моделей показывает, что основное влияние на отклонение от круглости оказывает подача, в меньшей степени скорость резания, и почти не оказывает влияния глубина резания. Однако даже при точении на высоких режимах значение $\Delta_{\text{круг}}$ не превышает допуска. Поэтому отклонение от круглости не является определяющим фактором в выборе типа режущей пластины и режимов резания.

Кроме того, получены математические зависимости силы резания P_z от режимов резания

для каждого типа пластин (табл. 3). Анализ результатов экспериментов показывает, что на силу резания P_z влияние оказывают подача S и глубина резания t . Но поскольку глубина резания определяется припуском на обработку, управляемым параметром остается только подача S .

На рис. 1 приведен график зависимости силы резания $P_z = f(S)$ для каждого типа пластин. Из графика видно, что для шестигранных пластин сила резания несколько выше, чем для пятигранных. Это объясняется большим значением угла при вершине резца у шестигранных пластин по сравнению с пятигранными, что ведет к увеличению ширины среза и, следовательно, к возрастанию силы резания. Также видно, что сила резания при точении пластинами HNUM и PNUM ниже, что объясняется лучшими условиями стружкообразования.

На шероховатость обработанной поверхности при точении стеклопластика оказывают влияние режимы резания и геометрические параметры инструмента [1, 2]. Пластины имеют различные геометрические параметры, следовательно, определяют различную шероховатость обрабатываемой поверхности.

Однако качество обработанной поверхности является не единственным фактором, который учитывается при выборе оптимального типа СМП для точения стеклопластика. Большое значение для обеспечения безопасности рабочих и безотказной работы оборудования имеет вид образующейся стружки при точении. В процессе резания стеклопластика может образовываться стружка трех видов:

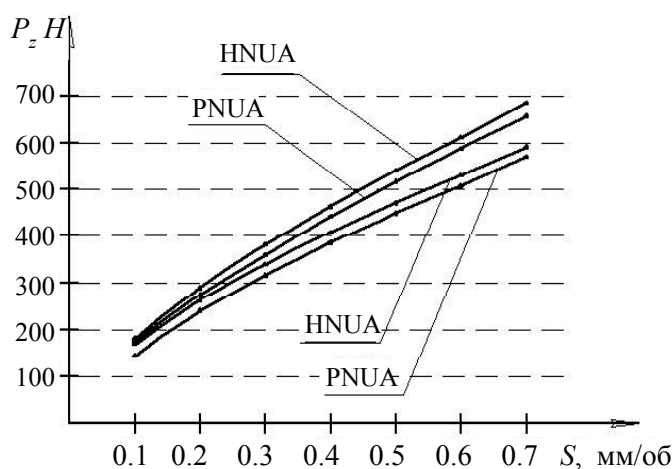


Рис. 1. Зависимость силы резания $P_z = f(S)$ для каждого типа пластины

Зависимость вида образующейся стружки от подачи и типа сменной многогранной пластины

Вид стружки	Значение подачи S, мм/об						
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
Сливная 7...20 см					HNUM PNUM	HNUM PNUM	HNUM PNUM
Элементная + сливная 5...7 см			PNUM	HNUM PNUM	HNUM	HNUM	HNUM
Элементная	HNUM PNUM PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	PNUM HNUA PNUA	HNUA PNUA	HNUA PNUA	HNUA PNUA
Пылевидная	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA

сливная, элементная и пылевидная. Установлено, что наибольшее влияние из режимных параметров на вид стружки оказывает подача, меньшее – скорость резания, и не установлено зависимости между видом стружки и глубиной резания.

На низких скоростях резания 20...40 м/мин и подачах 0.1...0.2 мм/об образуется элементная и пылевидная стружка, которая большим направленным потоком сходит под резец. При повышении скорости резания свыше 60...80 м/мин и подачах 0.3...0.7 мм/об происходит разбрасывание стружки в разные стороны из зоны резания, что является недопустимым, так как воздух наполняется мельчайшими частицами стекла и связующего.

При обработке стеклопластика пластинами HNUM и PNUM на скоростях резания свыше 70 м/мин при подачах свыше 0.4 мм/об образуется сливная стружка большой длины, которая может наматываться на заготовку, делая невозможной дальнейшую обработку. В табл. 4 показана зависимость вида стружки от подачи и типа сменной многогранной пластины. Из рис. 2 видно, что пылевидная стружка может образовываться

при точении любой из пластин. На подачах 0.1...0.2 мм/об – это преимущественно пылевидная стружка, равномерным потоком сходящая по передней поверхности резца и не попадающая в воздух. При возрастании подачи содержание пылевидной стружки уменьшается, однако на таких режимах стружка разбрасывается и концентрация пыли в воздухе резко увеличивается.

Таким образом, управление видом получаемой стружки с помощью геометрических параметров режущего инструмента, режимов обработки, типов сменных многогранных пластин является гарантией соблюдения правил техники безопасности при работе на станках с ручным управлением и необходимым условием безопасной работы станков-автоматов. В результате исследования разработаны диаграммы областей устойчивого стружкодробления для различных типов сменных многогранных пластин (рис. 2,а) и диаграммы областей, исключающих попадание пыли в воздух (рис. 2,б). Выбор типов пластин и режимов обработки согласно данным диаграммам обеспечивает получение элементной или пылевидной стружки при точении стеклопластика.

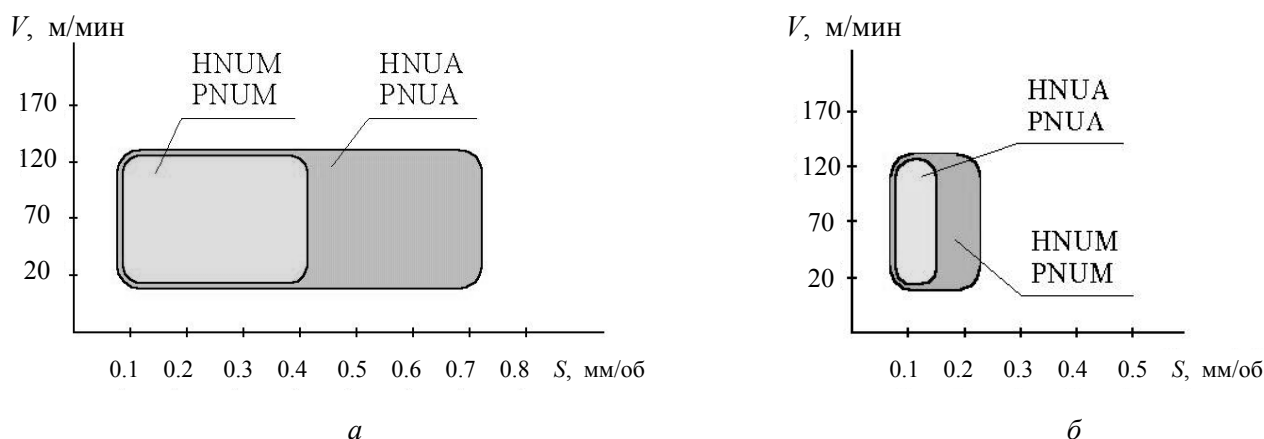


Рис. 2. Области стружкообразования при точении стеклопластика инструментом со сменными многогранными пластинами:

а – области стружкообразования, исключающие появление сливной стружки;

б – области стружкообразования, исключающие появление сливной стружки и попадание в воздух пылевидной и элементной стружки

Таким образом, при точении стеклопластика на станках, оборудованных вытяжной вентиляцией, основной задачей является исключение образования сливной стружки, что обеспечит бесперебойную работу оборудования и удобство его обслуживания. Из диаграммы на рис. 2, *а* видно, что данному условию удовлетворяют сменные многогранные пластины HNUA и PNUA на подачах от 0.1 до 0.7 мм/об. Пластины HNUM и PNUM могут использоваться только при подачах от 0.1 до 0.4 мм/об, так как при подачах свыше 0.4 мм/об образуется сливная стружка большой длины, которая может наматываться на заготовку и затруднять дальнейшую обработку.

При точении стеклопластика на станках, оборудованных вытяжной вентиляцией, важным требованием является исключение попадания стружки в воздух. Это требование выполняется при точении пластинами HNUM и PNUM на подачах от 0.1 до 0.2 мм/об, а для пластин HNUA и PNUA подача не должна превышать 0.1 мм/об (рис. 2, *б*). На таких режимах образуется пылевидная и элементная стружка, которая равномерным потоком сходит по передней поверхности резца, не загрязняя окружающее пространство и воздух.

Таким образом, в результате исследования установлены зависимости между основными технологическими параметрами процесса точения стеклопластика: зависимости сил резания, точности формы обработанной поверхности и вида стружки от режимов обработки и типов СМП. Данные зависимости могут быть положены в основу научно-обоснованной методики проектирования операций токарной обработки деталей из стеклопластиков резцами с СМП.

Список литературы

1. Степанов А.А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 176 с., ил.
2. Руднев А.В., Королев А.А. Обработка резанием стеклопластиков. – М.: Машиностроение, 1969. – 118 с.
3. Штучный Б.П. Точение стеклопластиков // Пути повышения производительности режущего инструмента. – МДНТП, 1963. – С.103–109.

УДК 621.793.019

АНАЛИЗ ВИДОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПОКРЫТИЯМИ

*А.А. СИТНИКОВ, доктор техн. наук, профессор
Е.Ю. ТАТАРКИН, доктор техн. наук, профессор
В.Е. ТАТАРКИН, аспирант,
АлтГТУ, Барнаул*

Показаны возможности использования методики анализа потенциальных отказов для совершенствования технологических процессов изготовления деталей с покрытиями.

Possibilities are shown of the usage of methodies of analysis of potential refusals for the improvement of technological processes of producing details with coverings.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ДЕФЕКТЫ, ПОКРЫТИЯ.

Анализ видов и последствий потенциальных отказов (Failure Modes and Effects Analysis – FMEA) разработан в 60-е годы XX века и используется для определения приоритетности рисков и документирования рекомендуемых действий. Основной целью метода является предупреждение и ослабление влияния возможных дефектов (отказов) продукции.

Под дефектом понимается невыполнение требований, связанных с невыполнением операции ТП, невыполнением требований чертежа, люфты, зазоры и т.п. Отказ – это непредусмотренное для нормального функционирования явление, приводящее к негативным последствиям эксплуатации или изготовлении (шум, поломки, безопасность и т.д.).

В качестве дефектов при изготовлении деталей с покрытиями можно выделить, например, несоответствие полученных по регламенту ТП свойств покрытий требуемым. Свойства покрытий используемых для напыления, подразделяют на химические, физические, механические и геометрические. Химические свойства определяют коррозионно- и жаростойкость, характер износа поверхности изделия в паре трения.

При изготовлении деталей с износостойкими покрытиями объектами анализа должны быть такие физико-механические свойства, как прочность соединения покрытия с основой, твердость, когезионная прочность, пористость, коэффициент трения. К геометрическим свойствам, подлежащим анализу, относятся шероховатость, отклонения формы, толщина покрытия и другие.

Метод анализа видов и последствий потенциальных отказов, регламентированный ГОСТ Р 51814.2–2001, является одним из перспективных и эффективных инструментов совершенствования технических объектов и ТП изготовления деталей с покрытиями. Он позволяет на важнейших стадиях жизненного цикла продукции проанализировать потенциальные дефекты, их причины и последствия, оценить риски их появления и необнаружения и принять меры для устранения или снижения вероятности и ущерба от их появления.

Это достигается благодаря предвидению дефектов и (или) отказов и их анализу, проводимому на этапах проектирования (FMEA конструкции) и производственных процессов (FMEA

процессов). Метод может быть также использован для доработки и улучшения конструкций и процессов, запущенных в производство.

На этапе доработки конструкции методом FMEA решают следующие задачи:

- определение «слабых» мест и принятие мер по их устранению;
- получение сведений о риске отказов предложенного и альтернативных вариантов конструкции;
- доработка конструкции по критериям технологичности, удобству обслуживания, надежности и т.д.;
- сокращение дорогостоящих экспериментов.

На этапе доработки технологического процесса (ТП) перед его запуском или при его улучшении методом FMEA необходимы следующие условия:

- обнаружение «слабых» мест ТП и принятие мер по их устранению при планировании производственных процессов;
- принятие решений о пригодности предложенных и альтернативных процессов и оборудования при разработке ТП;
- доработка ТП до наиболее приемлемого по надежности, обнаружению потенциально дефектных технологических операций и т.д.;
- подготовка серийного производства.

Для ТП изготовления деталей с покрытиями принимают метод, включающий в себя выполнение следующих основных этапов.

1. Формирование FMEA-команды.
2. Ознакомление с предложенными вариантами технологического процесса
3. Определение всех возможных дефектов на основе имеющейся информации и предшествующего опыта для всех этапов жизненного цикла (подготовка подложки, нанесение покрытия, обработка, контроль, эксплуатация, ремонт и восстановление) и отдельных операций технологического процесса. Например таких, как неравномерность толщины покрытия, низкая когезионная прочность, наличие на обработанной поверхности трещин, сколов и т.д. Описание каждого вида дефекта заносят в протокол анализа видов, причин и последствий потенциальных дефектов.

4. Выявление для всех описанных видов потенциальных дефектов их последствий на осно-

ве опыта и знаний FMEA-команды. Для каждого вида дефекта может быть несколько потенциальных последствий. Например, неравномерность толщины покрытия после операции его нанесения может привести к колебаниям припусков на последующую обработку, нестабильной шероховатости, неравномерности износа в процессе эксплуатации детали в узле и т.д.

5. Определение экспертами для каждого последствия дефекта балла значимости S (он изменяется от 1 – для наименее значимых по ущербу дефектов до 10 – для наиболее значимых).

6. Составление для каждого дефекта перечня потенциальных причин. Примеры причин дефектов: использован другой материал порошка, перегрузка в паре трения, отсутствие смазки, нарушение инструкции по обслуживанию, низкая квалификация оператора и др.

7. Определение для каждой потенциальной причины дефекта балла возникновения O (оценивается частота данной причины, приводящей к рассматриваемому дефекту). Балл возникновения изменяется от 1 – для самых редко возникающих дефектов до 10 – для дефектов, возникающих почти всегда.

8. Определение для данного дефекта и каждой отдельной причины балла обнаружения D в процессе изготовления. Он изменяется от 10 – для практически не обнаруживаемых дефектов (причин) до 1 – для практически достоверно обнаруживаемых.

9. Вычисление приоритетного числа риска (ПЧР) на основе оценок S , O , D по формуле:

$$\text{ПЧР} = S \cdot O \cdot D.$$

Для дефектов, имеющих несколько причин, определяют соответственно несколько ПЧР. Каждое ПЧР может иметь значения от 1 до 1000. Его критическая граница ($\text{ПЧР}_{\text{гр}}$) рекомендована в пределах от 100 до 125. Значение $\text{ПЧР}_{\text{гр}}$ может быть установлено и менее 100. Снижение $\text{ПЧР}_{\text{гр}}$ соответствует созданию более высококачественных и надежных объектов и процессов.

10. Составление перечня дефектов/причин, для которых значение ПЧР превышает $\text{ПЧР}_{\text{гр}}$ (для них и следует далее вести доработку технологического процесса).

11. Определение корректирующих действий по доработке ранее предложенного варианта технологического процесса.

12. Расчет ПЧР для нового технологического процесса с учетом разработанных корректирующих мероприятий.

При анализе возможных дефектов и причин следует применять методы обратной мозговой атаки, диверсионного анализа и диаграммы Исикавы.

Использование метода FMEA для ТП изготовления деталей с покрытиями позволит: идентифицировать виды потенциальных дефектов, снизить вероятность их появления; составлять ранжированный список потенциальных дефектов процесса, устанавливая этим систему приоритетов для корректирующих действий; документировать результаты процесса изготовления.

Для совершенствования метода и его эффективной адаптации следует формировать информационную базу по дефектам и причинам. Использовать не только дискретные балльные оценки S, O, D , но и непрерывные шкалы в виде графиков и формул, которые получены в результате теоретических и экспериментальных исследований процессов нанесения и обработки

покрытий. Необходимо обобщать и систематизировать знания о процессах изготовления и эксплуатации на всех этапах жизненного цикла. В соответствии с правилом «10-кратных затрат» («Затраты на корректировку продукта при переходе от одного этапа его жизненного цикла к последующему увеличиваются на порядок») такой подход позволит получить положительные результаты.

Метод FMEA для ТП изготовления деталей с покрытиями в комбинации с методом функционально-стоимостного анализа (ФСА) [2] даст возможность повысить технико-экономические показатели разрабатываемых технологий.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51814.2-2001 Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов.
2. Семь инструментов качества в японской экономике. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 88 с.

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ ЖУРНАЛА

«ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ»

Подписка на журнал принимается по каталогу

«Роспечать» – индекс 70590

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА ДЛЯ СТЕКЛОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ*

*А. Н. ПРУДНИКОВ, доцент, канд. техн. наук,
СибГИУ, г. Новокузнецк*

Статья посвящена разработке технологии приготовления и обработки (металлургической и термической) алюминий-кремниевый сплав, легированный кобальтом, предназначенного для получения стеклометаллических соединений с легкоплавкими стеклами типа ЖЗС-18.

Clause is devoted to development of technology of preparation and processing (metallurgical and thermal) the aluminium-silicon alloy alloyed by cobalt, intended for reception of has flown down-metal connections with fusible glasses of type ЖЗС-18.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СПЛАВ, ОБРАБОТКА, ОТЖИГ, СТЕКЛОМЕТАЛЛИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ, СВОЙСТВА.

Для создания стеклометаллических зеркал, применяемых в космической технике, обычно используют прецизионные сплавы – инвары на основе системы Fe-Ni (29НК, 47НХР и др.). Наиболее широко распространен сплав марки 29НК (ковар), разработанный еще в середине тридцатых годов прошлого столетия, как пара для боросиликатных стекол. Этот сплав имеет следующий химический состав, % (вес.): Ni – 28...29, Co – 17...18, Fe – остальное [1] и хорошо согласуется по тепловому расширению с указанными выше стеклами. С развитием специального приборостроения особую актуальность приобретает проблема разработки легких материалов, и в частности, на основе алюминия. Алюминий обладает рядом достоинств, которые делают его наиболее перспективным для стеклометаллических зеркал: малый удельный вес, большая отражательная способность, высокая теплопроводность, относительно высокая химическая стойкость, технологичность механической обработки, высокая коррозионная стойкость.

Ранее [2] авторами был разработан состав алюминий-кремниевый сплав для пайки со специальным

стеклом ЖЗС-18. Химический состав включал следующие компоненты, % (вес.): Si – 18...20; Co – 18...20; Pb – 0,5...1; Al – остальное. Причем при разработке сплава добивались получения наиболее согласованного значения температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) с коэффициентом стекла, особенно в эксплуатационном диапазоне температур. С этой целью изучено влияние таких легирующих элементов, как Co, Ni, Cu, Sb, Pb на линейное расширение и микроструктуру сплава основы Al – 20 % Si. При выборе способа кристаллизации сплава исследованы следующие режимы: заливка в алюминиевый кокиль (скорость кристаллизации ~ 20 град/с) и медный (~ 40 град/с), имитация литья под давлением (~ 100 град/с). От заливки сплава в песчано-глинистые формы пришлось отказаться сразу в связи с тем, что при кристаллизации высоколегированных сплавов такого типа при литье с замедленной скоростью охлаждения происходит огрубление структуры, которое не позволяет сохранить удовлетворительный уровень механических характеристик для данного типа изделий. Выбор проводили

* Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. В. К. Афанасьева

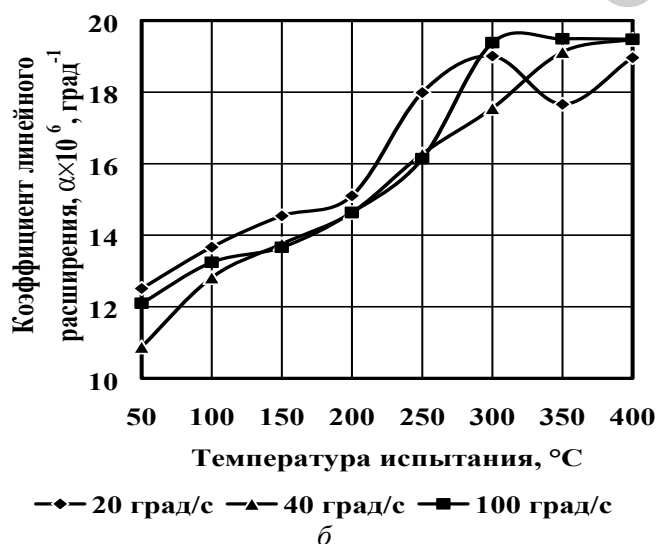
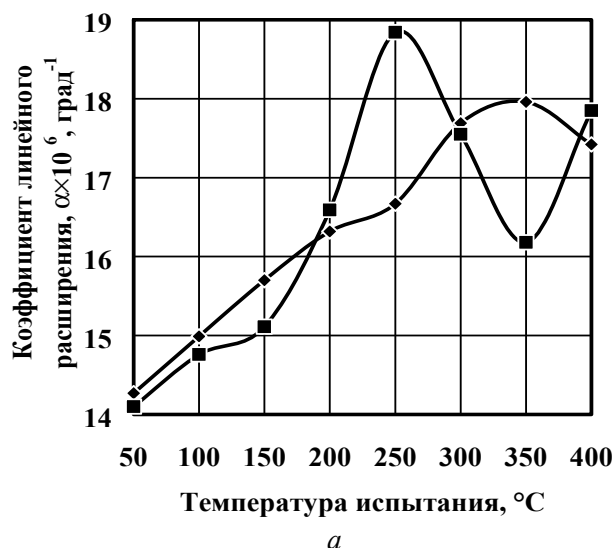


Рис. 1. Влияние скорости кристаллизации на линейное расширение сплавов: а – Al-15%Co-5%Ni-5%Cu; б – Al-20%Si-15%Co-5%Ni-5%Cu

по результатам определения ТКЛР сплавов различного химического состава, содержащих указанные выше элементы, залитых с различной скоростью кристаллизации. Экспериментальные результаты для двух составов приведены на рис. 1. Для всего семейства исследованных сплавов можно отметить тенденцию к усложнению температурной зависимости ТКЛР, и иногда к появлению на этой зависимости экстремумов: как минимумов, так и максимумов (см. рис. 1,а). При наличии в сплаве Si характер линейного расширения будет зависеть от его содержания. Так, для сплавов с 11% Si при увеличении скорости кристаллизации до ~ 100 град/с на кривой $\alpha - T_{исп}$ появляется минимум при температуре 350 °C. Для сплавов с 20% Si – тенденция усложнения зависимости $\alpha - T_{исп}$ также сохраняется, но в меньшей мере, чем для сплавов, не содержащих кремний (см. рис. 1,б). Увеличение в составе кремния до 30–40% приводит к повышению интенсивности расширения с ростом скорости кристаллизации. Кроме того, при высокой скорости кристаллизации (жидкая штамповка) в составе сплава всегда содержится повышенное содержание водорода и других газовых примесей, чем при литье в кокиль или песчано-глинистые формы [3]. Поэтому в процессе спаивания стекла с гозонасыщенным металлом из него при температуре выдержки и охлаждении происходит выделение газов в стекло в виде пузырей, которое находится в вязком состоянии, и при охлаждении эти пузыри остаются в стекле, ослабляя тем

самым прочность сцепления соединения. Таким образом, с целью получения заготовки из высоколегированного сплава на основе системы Al-Si для спаивания его со стеклом ЖЗС-18 был выбран способ кокильного литья.

Одним из эффективных способов регулирования микроструктуры и свойств сплавов является обработка расплава. Поэтому была изучена возможность уменьшения или стабилизации ТКЛР при одновременном модифицировании микроструктуры сплавов Al-Si-Co за счет изменений условий приготовления, в том числе обработки расплава.

Были изготовлены кокильные отливки из сплава Al-20%Si-20%Co на первичном алюминии А7, более «грязном» в отношении примесей А0 и с обработкой расплава водяным паром, оксидом Fe(III) и фосфористой медью МФ1. Заливку сплава проводили с температур 950...100° C в холодный алюминиевый кокиль. Результаты dilatометрического анализа приведены в табл. 1. Использование для приготовления сплавов алюминия А0, вместо ранее применявшегося А7, позволяет понизить значение коэффициента во всем температурном диапазоне на 3...8%, по-видимому, за счет примесей Si, Fe, Cu и Ni, содержащихся в А0 в большем количестве. Совместная обработка расплава водяным паром и порошкообразным оксидом Fe(III) приводит к измельчению в структуре сплава выделений первичного кремния и фазы Co₂Al₉, что должно положительно сказаться на механических характеристиках отливок. Однако этого не происходит

Таблица 1

Влияние условий приготовления и легирования на линейное расширение сплава Al-20 % Si-20 % Co

Условия приготовления, легирование	Коэффициент линейного расширения, $\alpha \cdot 10^6$, град ⁻¹ , при T °C							
	50	100	150	200	250	300	350	400
Приготовление на А7	13,0	14,1	14,7	15,2	15,5	16,4	17,4	18,0
Приготовление на А0	13,0	13,6	13,7	14,0	14,8	15,3	16,6	17,4
То же, обработка водяным паром и оксидом Fe (III)	12,7	13,8	14,8	15,3	15,9	16,6	17,1	17,3
Приготовление на А0 и переплав	13,0	13,5	13,8	14,1	14,5	15,0	15,8	16,4
То же и легирование 1% Sb	12,9	13,7	14,1	15,1	15,9	16,2	16,6	17,3
То же, но легирование 1% Pb	11,9	13,1	13,6	14,3	15,0	17,1	18,1	16,6
Приготовление на А0, переплав и обработка 0,5% ¹ CuP	13,0	13,5	13,6	14,1	15,2	16,1	17,2	17,3
Приготовление на А0, переплав, легирование Sb и Pb по 1 % и обработка 0,5 % ¹ CuP	13,1	13,8	14,0	15,3	15,9	17,0	17,2	17,6

¹ Процент от веса расплава

по причине появления пористости в отливках, а значение ТКЛР при такой обработке расплава повышается, начиная уже с температуры испытания 100 °C. Для других видов обработки можно отметить некоторое снижение ТКЛР сплава (добавка Pb), повышение (добавка Sb, совместное введение Pb и Sb с обработкой CuP) или неизменность в диапазоне температур испытания 50...200 °C, наиболее важном для получения качественного соединения стекло–металл (см. табл. 1).

Высокие температуры, необходимые для приготовления сплава, и значительные количества легирующих компонентов способствуют растворению большого количества водорода в металле, который является причиной появления пористости при затвердевании отливок. Одним из способов уменьшения газосодержания является переплав [4]. Поэтому серия опытных сплавов была изготовлена по технологии, предусматривающей приготовление

первичного сплава Al-20%Si-20%Co на алюминий А0, его заливка с температур 950...1000 °C и дальнейшее использование в качестве основы для приготовления конечного сплава. После переплава первичного сплава проводили легирование (Pb, Sb) или модифицирование и заливку с температур 820...850 °C в алюминиевый кокиль. Все указанные выше обработки расплава модифицируют микроструктуру отливок и повышают временное сопротивление разрыву до 51 МПа и плотность сплава (табл. 2). Содержание водорода, определенное методом вакуум-нагрева, снижается после переплава и переплава с легированием (Pb, Sb) с 2,2 см³/100 г до 1,5...1,7 см³/100 г.

В результате экспериментов по пайке ЖЗС-18 с образцами из сплавов, приготовленных с различной обработкой расплава и легированием, были получены стеклоалюминиевые соединения без трещин и сколов. Однако в этих соединениях

Таблица 2

Механические свойства, плотность и содержание водорода в сплаве Al-20 % Si-20 % Co в зависимости от условий приготовления и легирования

Условия приготовления, легирование	Временное сопротивление разрыву, σ_B , МПа	Плотность, кг/м ³	Содержание водорода, см ³ /100 г
Без обработки	40	3110	2,2
Переплав	40	3118	1,5
Переплав, 1% Pb	46	3140	1,7
Переплав, 1% Sb	44	3125	1,6
Переплав, 0,5% CuP	48	3122	1,8
Переплав, 1 % Pb и 1 % Sb, 0,5 % CuP	51	3160	2,0

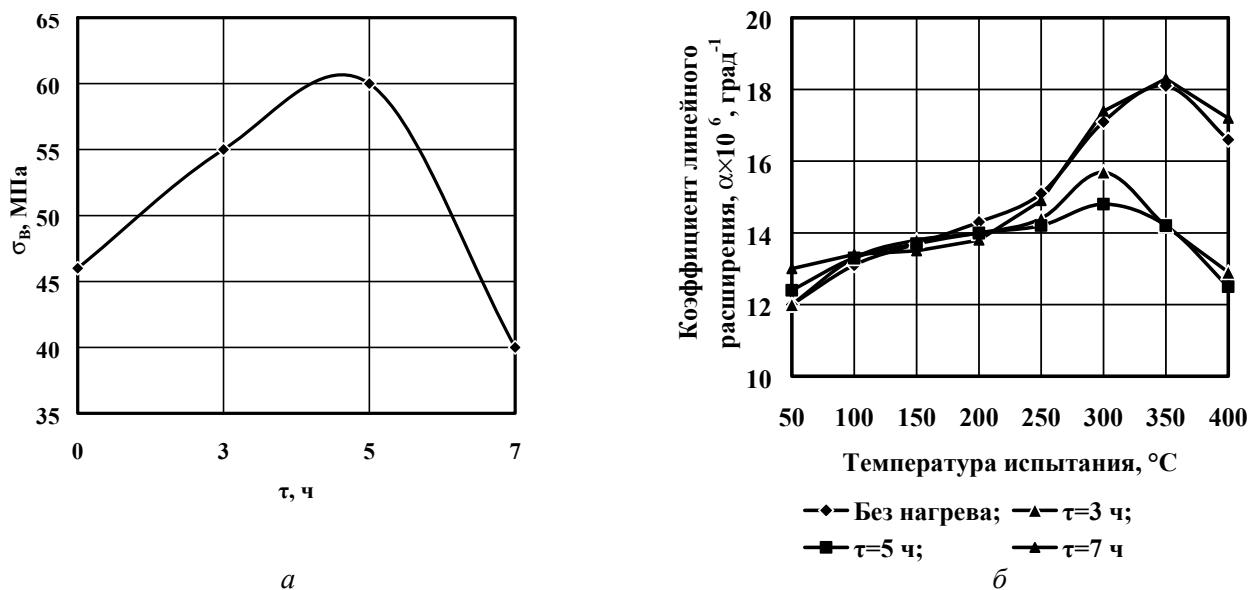


Рис. 2. Влияние времени выдержки при температуре отжига 560 °С на временное сопротивление разрыву (а) и ТКЛР (б) сплава Al-20%Si-20%Co-1%Pb

присутствовал другой вид дефектов – пузыри в затвердевшем после пайки стекле, которые, с одной стороны, ослабляют прочность сцепления стекла с металлом, а с другой – ухудшают оптические свойства стеклометаллических соединений. Образование пузырей в стекле объясняется тем, что степень дегазации сплава оказалась недостаточной, и при нагреве под пайку проходит активная дегазация, удаляющиеся газы образуют пузыри на границе стекло–металл, которые вследствие высокой вязкости расплавленного стекла сохраняются в нем при охлаждении спая.

Таким образом, содержание водорода в сплаве на уровне 1,5...1,7 см³/100 г является избыточным и необходимо для получения качественных соединений использовать дополнительную термическую обработку. Причем термическая обработка должна уменьшать газосодержащие заготовки, повышать уровень прочности подложки и не увеличивать способность сплава к расширению. С этой целью было изучено влияние закалки на линейное расширение и паяемость сплава системы Al–Si–Co. Закалка проводилась с температур 500 °С и далее через 10 °С до 570 °С со временем выдержки 1...5 ч и охлаждением в холодную воду, кипящую и масло. При всех режимах закалки в холодную воду на поверхности образцов появляется сетка мелких закалочных трещин. Использование более «мягких» сред охлаждения уменьшает размер и количество этих трещин, но

полностью их не устраняет. Поэтому была исследована возможность использования отжига в качестве предварительной термообработки. Температура отжига составляла 500, 560 °С, время выдержки – 1...7 ч. Результаты определения механических свойств и ТКЛР образцов из сплава Al-20%Si-20%Co-1,0%Pb после отжига при 560 °С приведены на рис. 2. Видно, что способность сплава к расширению после отжига образцов остается на уровне литого металла, а временное сопротивление разрыву возрастает с увеличением времени выдержки до 5 ч. Снижение прочности отожженных в течение 7 ч образцов объясняется наступлением ранних стадий пережога, что проявляется в укрупнении промежуточных фаз, наблюдаемом в микроструктуре сплава при металлографическом анализе.

Известно [5], что с помощью использования сред, в которых проводят нагрев и выдержку образцов, можно интенсифицировать процессы, идущие при термической обработке. Поэтому для сокращения длительности выдержки отжиг проводили в среде кварцевого песка (SiO₂) при температуре 560 °С в течение 1...7 ч. Результаты определения временного сопротивления разрыву и ТКЛР после отжига в среде SiO₂ для образцов из сплава Al-20%Si-20%Co-1,0%Pb приведены на рис. 3. Видно, что максимум прочности достигается после отжига в среде SiO₂ в течение 2 ч. Увеличение времени выдержки при отжиге в среде

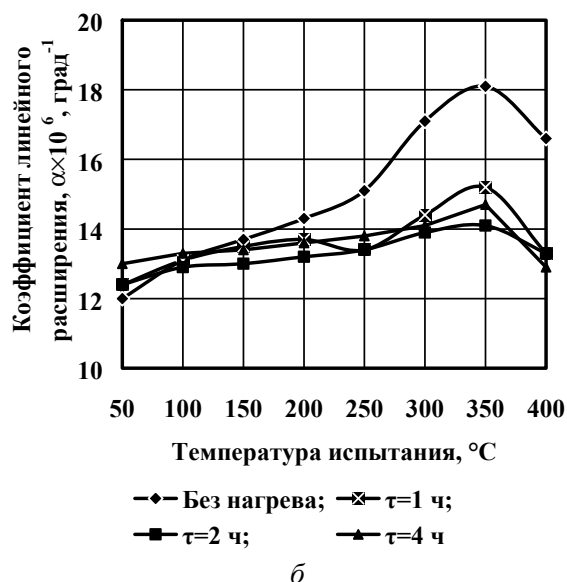
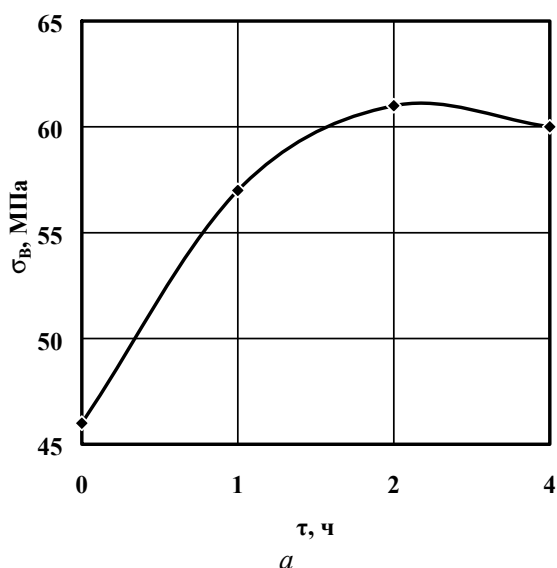


Рис. 3. Влияние времени выдержки при температуре отжига 560 °С в среде SiO₂ на временное сопротивление разрыву (а) и ТКЛР (б) сплава Al-20%Si-20%Co-1%Pb

SiO₂ не приводит к дальнейшему упрочнению и вместе с тем увеличивает значение ТКЛР сплава. Газовый анализ образцов показал, что в результате отжига содержание водорода снижается до уровня 0,7...1,1 см³/100 г.

Достигнутые значения содержания водорода являются достаточными для получения качественного паяного соединения со стеклом ЖЗС-18 (отсутствие пористости на границе металл–стекло). В микроструктуре сплава после отжига в кварцевом стекле (2 ч) наряду с алюминиевым твердым раствором присутствуют первичные кристаллы кремния, выделение фазы Co₂Al₉ и тройная эвтектика Al-Si-Co (рис. 4). Удельный вес сплава после отжига составляет 3118...3140 кг/м³, что в 2,5 раза меньше, чем у сплавов системы Fe-Ni (например, ковара).

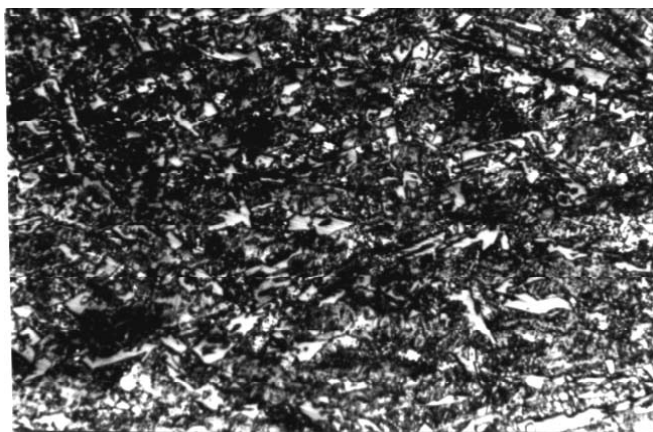


Рис. 4. Микроструктура сплава Al-20%Si-20%Co-1%Pb после отжига в среде SiO₂ в течение 2 ч × 100

Вывод. Разработана технология приготовления и обработки сплава Al-20%Si-20%Co-1,0%Pb для получения стеклометаллических соединений с легкоплавкими стеклами типа ЖЗС-18. Установлено, что газосодержание сплава перед пайкой со стеклом не должно превышать 1,1 см³/100 г. Процесс получения литых заготовок из сплава Al-Si-Co включает приготовление первичного сплава, его заливку в кокиль с температуры 950...1000 °С, дальнейший переплав, легирование свинцом и заливку в кокиль с температуры 820...850 °С. Кроме того, процессу пайки должен предшествовать отжиг заготовок в среде кварцевого песка в течение 2 ч с охлаждением на воздухе.

Список литературы

1. *Прецизионные сплавы: справочник* / под ред. Б.В. Молотилова. – М.: Металлургия. – 1983. – 439 с.
2. *А. с. 1340197 СССР, МКИ³ С 22 С 11/04. Сплав на основе алюминия*/ В.К. Афанасьев, А.Н. Прудников, И.А. Сушкова, В.Г. Плотников (СССР). – Заявл. 15.08.85; опубл. 10.10.08. Бюл. № 28.
3. *Водород и свойства сплавов алюминия с кремнием* / В.К. Афанасьев, И.Н. Афанасьева, М.В. Попова и др. – Абакан: Хакаское кн. изд-во, 1998. – 192 с.
4. *Копобнев И.Ф. Газовая пористость и методы борьбы с ней в алюминиевых сплавах*/ И.Ф. Копобнев, М.Б. Альтман. – М.: ИТЭИН, 1948. – 136 с.
5. *Патент 2007494 РФ. Способ термической обработки алюминиевых сплавов* / В.В. Ушакова, С.С. Шараев, М.В. Попова, К.А. Воротынцев. – заявл. 05.05.91; опубл. 26.07.94. Бюл. № 3.

УДК 539.4:620.2

ПОВЫШЕНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ ПРОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ УДАРНЫХ МАШИН ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ С СОЗДАНИЕМ В СТАЛИ СМЕШАННОЙ СТРУКТУРЫ

*А.И. ПОПЕЛЮХ, к.т.н., доцент,
А.М. ТЕПЛЫХ, аспирант,
Д.С. ТЕРЕНТЬЕВ, аспирант,
А.Ю. ОГНЕВ, аспирант,
НГТУ, Новосибирск*

Предложена термическая обработка углеродистых сталей со смешанным мартенсито-бейнитным превращением аустенита. Выявлены режимы, обеспечивающие оптимальное сочетание характеристик прочности и трещиностойкости стали. Применение обработки наиболее целесообразно при изготовлении деталей ударных механизмов.

Thermal treatment of carbon steels with mixed martensite bainite transformation of austenite is offered. The conditions providing the optimal combination of strength and cracking resistance characteristics are found. The use of this treatment is most efficient at manufacturing parts of impact mechanisms.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, МАРТЕНСИТ, БЕЙНИТ, УДАРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ, ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ.

В настоящее время в промышленном производстве и строительстве активно применяются механизмы, использующие для реализации своих служебных характеристик энергию удара. Наиболее нагруженными деталями таких механизмов являются ударники, к которым предъявляются повышенные требования, касающиеся обеспечения механических свойств. С целью сохранения геометрических размеров ударника необходим высокий уровень предела текучести, а для обеспечения продолжительной работы требуется значительное сопротивление усталостному разрушению [1]. Авторами предложен способ термической обработки деталей ударных механизмов, позволяющий сочетать высокие прочностные характеристики стали со значительным уровнем трещиностойкости при многократном ударном воздействии.

Один из возможных способов получения в сталях высокого комплекса прочностных свойств в сочетании с высоким уровнем трещиностойкости заключается в термической обработке с

образованием смешанных структур. Очевидно, что схема термической обработки стали, позволяющей получить смешанную структуру с такими характеристиками, должна обеспечивать получение высокопрочных структур – мартенсита и бейнита. Негативные отзывы о возможности применения сталей со структурами такого типа для изготовления деталей ударных систем, по нашему мнению, связаны с реализацией известной схемы, основанной на распаде переохлажденного аустенита с образованием на первом этапе некоторой доли бейнита и мартенситном превращении оставшейся части аустенита [3]. При использовании данной схемы бейнитное превращение развивается в первую очередь в обедненных углеродом зонах, а дальнейшее мартенситное превращение происходит в зонах с повышенным содержанием углерода. В результате в конечной структуре наблюдается высокий уровень внутренних напряжений.

Продолжение на 22 с.

XII МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

МЕТАЛЛООБРАБОТКА:
СТАНКИ, ИНСТРУМЕНТ,
ТЕХНОЛОГИИ



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СВАРОЧНЫЙ ФОРУМ

в который входят:

КОНКУРС СВАРЩИКОВ РОССИИ

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

XII МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

СВАРКА И КОНТРОЛЬ

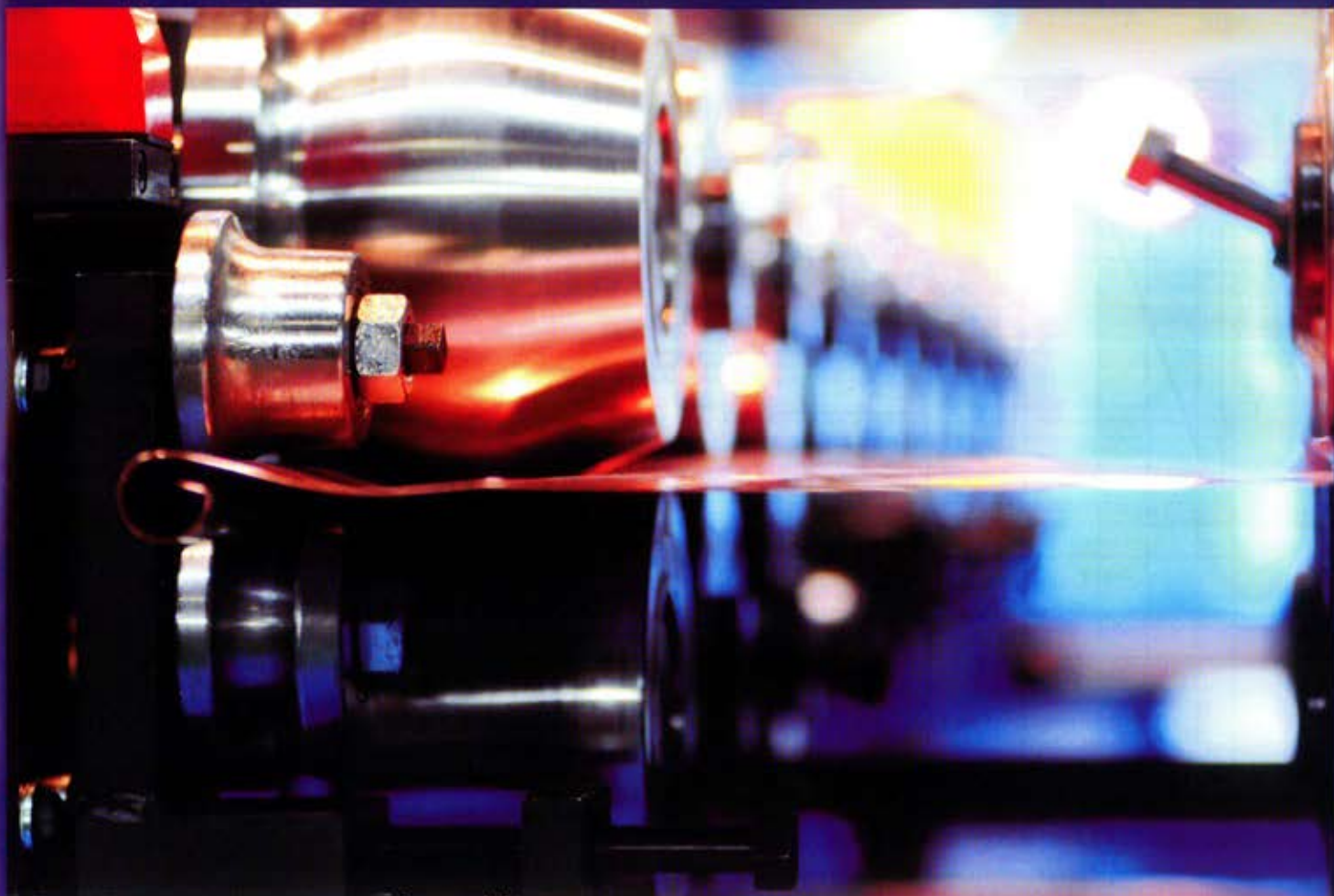


27-30 ОКТЯБРЯ 2009
г. Уфа



БАШЭКСПО
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

450080, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа а/я 144
Тел.: (347) 256-51-80, 256-51-86, 256-54-61
Факс: (347) 290-87-07
E-mail: welding@bashexpo.ru, mash@bashexpo.ru
<http://www.bashexpo.ru>



ПОД ПАТРОНАЖЕМ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПАЛАТЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРАВИТЕЛЬСТВО УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
АДМИНИСТРАЦИЯ ГОРОДА ИЖЕВСКА
УДМУРТСКАЯ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР "УДМУРТИЯ"

20-23 ОКТЯБРЯ 2009 ГОДА

VIII Международная
специализированная выставка



**МАШИНОСТРОЕНИЕ.
МЕТАЛЛУРГИЯ.
МЕТАЛЛООБРАБОТКА.**

Тел./факс: (3412) 25-44-65, 25-48-68, 25-48-33, 25-47-33, 25-48-74
e-mail: metal@vcudmurtia.ru
www.metal.vcudmurtia.ru

Место проведения:
г. Ижевск, ул. Кооперативная, 9,
ОАО «ЭКСПО Удмуртия» (ФОЦ «Здоровье»)



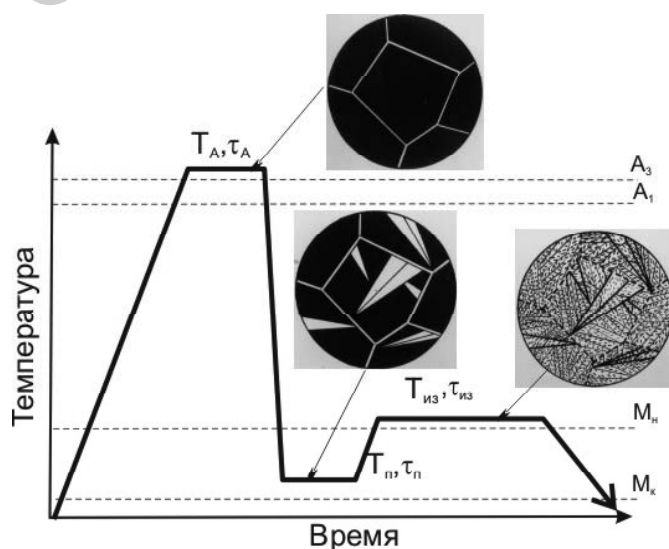


Рис. 1. Схема термической обработки с мартенсито-бейнитным превращением аустенита

Предложенная авторами схема формирования смешанной мартенсито-бейнитной структуры (рис. 1) в значительной степени устраняет недостатки, характерные для отмеченного выше процесса распада переохлажденного аустенита. После нагрева стали до аустенитного состояния производится охлаждение в мартенситную область со скоростью выше критической с целью образования в структуре определенной доли мартенсита. При последующем нагреве в область температур бейнитного превращения происходит отпуск образовавшегося мартенсита. Одновременно оставшаяся часть аустенита превращается в бейнит. Процесс образования мартенсита при такой схеме характеризуется своей незавершенностью, кристаллы мартенсита окружены аустенитом, обеспечивающим релаксацию внутренних напряжений. Кроме того, при такой термической обработке мартенсит образуется в микрообъемах, обедненных углеродом с повышенным положением точки начала мартенситного превращения. Таким образом, увеличивается доля речного мартенсита, обладающего, по сравнению с двойникованным, большей релаксационной способностью и вязкостью разрушения.

Цель работы заключалась в изучении влияния режимов термической обработки со смешанным

мартенсито-бейнитным превращением аустенита на механические свойства углеродистых сталей. Сравнение эффективности различных режимов производилось по показателям предела текучести при испытаниях на растяжение, времени до разрушения образцов (долговечности) при испытаниях в условиях многократного динамического сжатия и характеристикам трещиностойкости (по второму участку кинетической диаграммы ударно-усталостного разрушения) [2]. В качестве исследуемого материала использовалась сталь У8, широко применяемая для изготовления деталей ударных механизмов (рис. 2).

Термическая обработка стали выполнялась следующим образом. Нагрев стали до аустенитного состояния осуществлялся в шахтной печи при температуре T_a равной $800\text{ }^\circ\text{C}$. Затем происходило охлаждение со скоростью выше критической до температуры подстуживания T_p , находящейся в диапазоне температур начала и конца

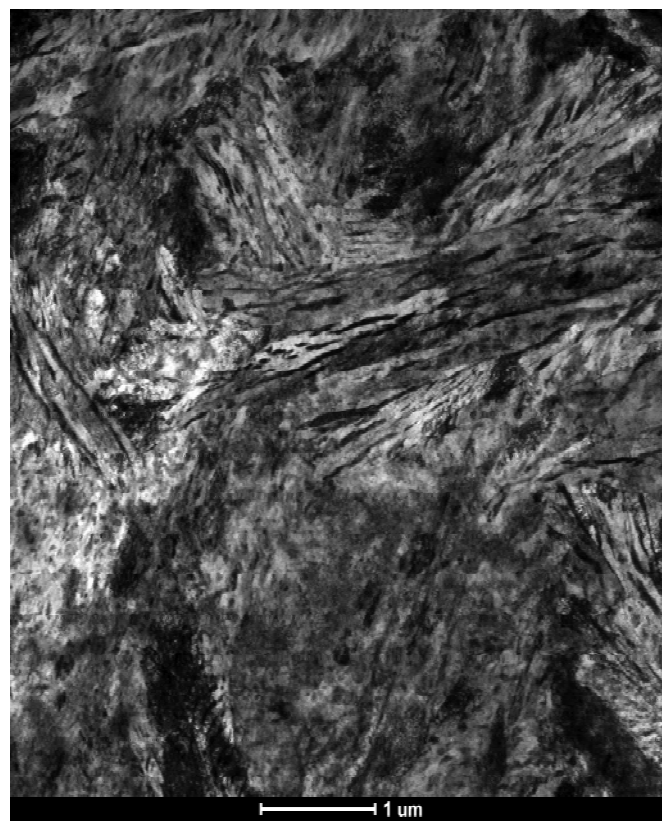


Рис. 2. Структура стали У8 после термической обработки с мартенсито-бейнитным превращением аустенита

мартенситного превращения. Для стали У8 этот диапазон составлял от 20 до 300 °С. После этого производился нагрев в область температур бейнитного превращения с последующей изотермической выдержкой $\tau_{из} = 40$ мин. Время выдержки было выбрано таким образом, чтобы полностью происходили процессы распада переохлажденного аустенита и отпуска полученного ранее мартенсита. Температура подстуживания T_n регламентирует объемные доли образующихся в структуре мартенсита и бейнита, а изменение температуры нагрева в области изотермического распада $T_{из}$ от 250 °С до 500 °С позволяет получать бейнит различной морфологии и изменять степень отпуска пересыщенного твердого раствора.

Проведенные исследования по определению оптимального соотношения в смешанной структуре мартенситной и бейнитной фазы показывают, что увеличение количества бейнита приводит к уменьшению характеристик прочности и твердости с одновременным увеличением характеристик трещиностойкости. Если в стали сохраняется до 60 % бейнитной составляющей, то по показателям трещиностойкости такая сталь незначительно уступает свойствам стали с полностью бейнитной структурой. При этом в структуре стали сохраняется мартенситный каркас, обеспечивающий высокие прочностные характеристики. Значительное влияние на механические свойства сталей оказывает морфология бейнита. Структура нижнего бейнита обладает значительным сопротивлением усталостному разрушению. Если в стали образуется структура верхнего бейнита с грубыми выделениями карбидной фазы, то сопротивление распространению трещин значительно снижается.

При изготовлении деталей ударных механизмов термообработку стали У8 целесообразно проводить по следующим режимам: нагрев до температуры аустенизации $T_a = 800$ °С, ускоренное охлаждение образца в ванне с расплавом селитры до температуры $T_n = 270$ °С, повторный быстрый нагрев образца в ванне с расплавленной селитрой до температуры $T_{из} = 350$ °С с выдержкой при этой

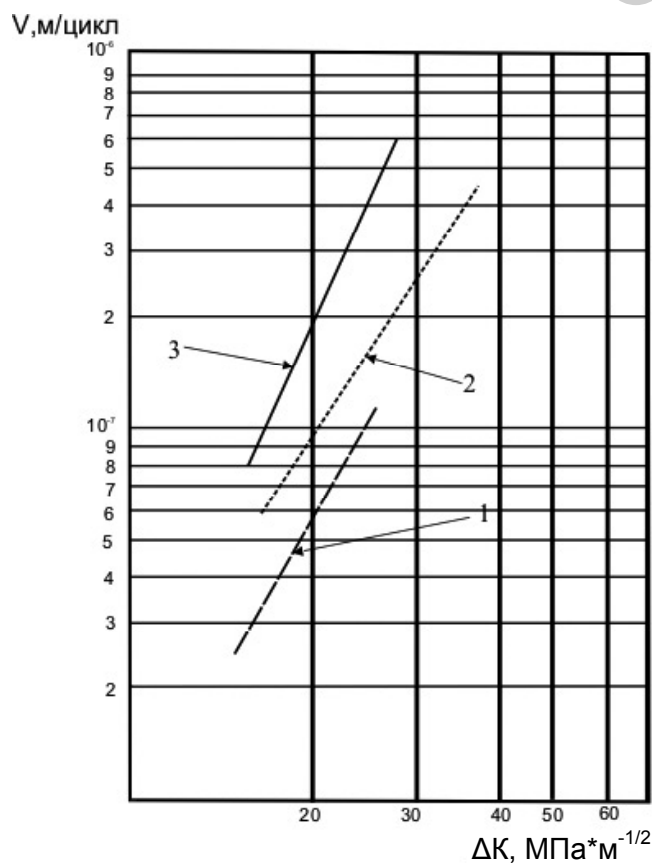


Рис. 3. Трещиностойкость стали У8 после различных видов термического упрочнения на одинаковый уровень твердости HRC 48.

1 – термообработка с мартенсито-бейнитным превращением аустенита; 2 – закалка с отпуском; 3 – изотермическая закалка

температуре в течение 40 минут. При вышеуказанных режимах в стали формируется структура, имеющая в своем составе 40 % мартенсита и 60 % нижнего бейнита.

Исследования сталей методами оптической и просвечивающей электронной микроскопии показывают, что структура, получаемая в результате реализации предлагаемой схемы термической обработки, имеет «игольчатое строение» и состоит из твердого раствора и карбидной фазы. Степень дисперсности фаз и области выделения цементита в основном определяются температурой изотермической выдержки.

Эффективность предлагаемого способа термической обработки оценивалась путем сравнения со свойствами стали У8 после закалки

**Механические свойства стали У8 после различных видов термического упрочнения
на одинаковый уровень твердости HRC 48**

Вид термического упрочнения	HRC	σ_B МПа	$\sigma_{0.2}$ МПа	Ψ , %
Закалка с отпуском $T_{\text{отп}} = 350$ °С	49	1740	1570	32
Изотермическая закалка. $T_{\text{из}} = 300$ °С	48	1720	1470	25
Термообработка с М – Б превращением, $T_{\text{п}} = 180$ °С, $T_{\text{из}} = 350$ °С	48	1700	1510	40

и отпуска, а также после изотермической закалки. Сравнительный анализ свойств сталей после термического упрочнения различными способами при сопоставимом уровне твердости HRC 45...48 и временном сопротивлении $\delta_B = 1700...1740$ МПа показывает, что создание смешанной мартенсито-бейнитной структуры (в пропорции 40 и 60 % соответственно) на 20...40 % увеличивает их пластичность (см. таблицу). Скорость роста трещин в сталях, упрочненных по предлагаемой технологии, меньше по сравнению со сталями, обработанными традиционными видами термического упрочнения в 1,3... 2 раза (рис. 3).

Таким образом, термическая обработка с мартенсито-бейнитным превращением аустенита является одним из эффективных способов повышения комплекса механических свойств дета-

лей ударных механизмов и позволяет сочетать высокие прочностные характеристики стали со значительным сопротивлением усталостному разрушению.

Список литературы

1. Соколинский В.Б. Машины ударного разрушения (Основы комплексного проектирования). – М.: Машиностроение, 1982. – 184 с.
2. Попелюх А.И., Теняев И.К., Кощев В.Г. Метод исследования свойств в условиях ударно-циклического нагружения // Структура и свойства упрочненных конструкционных материалов. – Новосибирск: НЭТИ, 1990. – С. 28–34.
3. Голованенко С.А., Фонштейн Н.М. Двухфазные низколегированные стали. – М.: Металлургия, 1986. – 207 с.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

Правила подготовки рукописей

смотрите на третьей странице обложки журнала

УДК 534.1

К ВОПРОСУ О РАССЕЙАНИИ ЭНЕРГИИ ПРИ КОЛЕБАНИЯХ ОСЕВОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

*Ю.А. КРЯЖЕВ, доцент, канд. техн. наук,
Е.С. ОГНЕВЕНКО, аспирант,
Е.В. ТИТОВА, магистрант,
АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул*

Приведено решение задачи по определению демпфирующей способности колебательной системы режущего инструмента на основе расчета обобщенного логарифмического декремента колебаний. Рассмотрен пример экспериментального определения логарифмического декремента колебаний осевого режущего инструмента.

The decision of a task by definition of dissipating ability of oscillatory system of cutting tool is given on the basis of calculation of the generalized logarithmic decrement of fluctuations. The example of experimental definition of logarithmic decrement of fluctuations of the axial cutting tool is considered.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ОСЕВОЙ РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, АВТОКОЛЕБАНИЯ, ДЕМПФИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ, ЛОГАРИФМИЧЕСКИЙ ДЕКРЕМЕНТ КОЛЕБАНИЙ.

На сегодняшний день актуальным направлением в области обработки материалов резанием является изучение колебательных процессов, в том числе автоколебаний элементов технологической системы станка. Как правило [1, 2, 3 и др.], для описания доминирующей колебательной системы пользуются системой дифференциальных уравнений. Движение осевого режущего инструмента, например, спирального сверла в крутильном и продольном направлении, можно описать следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} I\ddot{\varphi} + \eta\dot{\varphi} + j\varphi - j_{x\varphi}x = M, \\ m\ddot{x} + h\dot{x} + cx - c_{\varphi x}\varphi = P, \end{cases} \quad (1)$$

где P, M – соответственно осевая сила (Н) и крутящий момент (Нм); m, I – приведенная масса (кг) и приведенный момент инерции (кг·м²) спирального сверла; h, η – коэффициенты демпфирования в продольном (Н·с/м) и крутильном (Нм·с/рад) направлении; c, j – коэффициенты жесткости в продольном (Н/м) и крутильном (Нм/рад) направлении; c_x, j_x – коэффициенты координатной связи в продольном (Н/рад) и крутильном (Нм/м) направлении, учитывающие взаимное влияние

осевой силы и крутящего момента; x, φ – осевое смещение (м), вызванное приложением осевой силы, и крутильное смещение (угол раскручивания спирального сверла, рад), вызванное приложением крутящего момента.

Демпфирующие свойства колебательной системы во многом определяют качественную и количественную адекватность математической модели. Целью настоящей работы является определение демпфирующей способности колебательной системы осевого режущего инструмента на примере спирального сверла.

При определении коэффициента демпфирования колебательной системы спирального сверла необходимо учесть: влияние коэффициентов трения между передней поверхностью инструмента и стружкой; задней поверхностью, ленточкой инструмента и поверхностью заготовки; коэффициента внутреннего трения в материале спирального сверла; рассеяния энергии в зоне упруго-пластического деформирования. Наличие перечисленных выше факторов весьма усложняет экспериментальное определение логарифмического декремента колебаний при расчете коэффициента демпфирования.

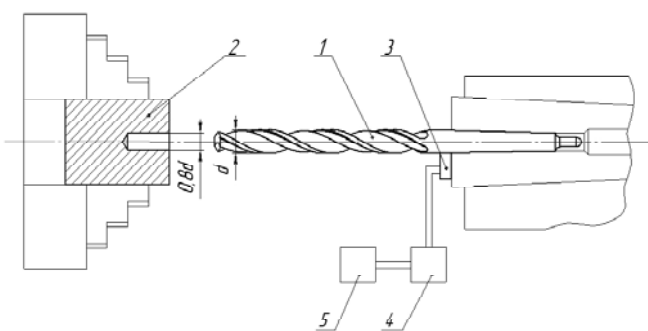


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 – спиральное сверло; 2 – образец для сверления; 3 – пьезокерамический датчик; 4 – усилитель; 5 – аналого-цифровой преобразователь

Для решения поставленной проблемы были проведены специальные эксперименты по определению логарифмического декремента колебаний в процессе сверления спиральным сверлом. Для этого были изготовлены специальные образцы из чугуна СЧ-20 (рис. 1), при обработке которых происходит переход от рассверливания к сверлению сплошного материала. Переход от рассверливания к сверлению вызывает скачок крутящего момента и имитирует удар, который выводит систему инструмента из состояния равновесия (устоявшегося процесса обработки). Далее, в процессе обработки, спиральное сверло совершает затухающие колебания до тех пор, пока не вернется в новое состояние равновесия. Затухающие колебания инструмента можно зафиксировать с помощью пьезокерамического датчика, установленного у поверхности сверла. При проведении экспериментов, сверло закреплялось неподвижно в патроне токарного станка с целью обеспечения контакта с датчиком. Регистрация сигнала осуществлялась посредством аналого-цифрового преобразователя L-Card L-780M.

Эксперименты проводились в условиях (рис. 2): диаметр сверла $d = 10$ мм, длина рабочей части $l = 100$ мм подача $S = 0,28 \dots 0,47$ мм/об, скорость резания $V = 0,102 \dots 0,392$ м/с (частота вращения $n = 195 \dots 750$ об/мин).

Логарифмический декремент колебаний можно определить по формуле [1]

$$\delta = nT = \ln \frac{A_i}{A_{i+1}}, \quad (2)$$

где A – амплитуда колебаний, дБ; n – коэффициент, характеризующий вязкость системы; T – длительность одного колебательного цикла, с.

В условиях $S = 0,47$ мм/об, $V = 0,277$ м/с ($n = 530$ об/мин) декремент колебаний составил $\delta = 1,241$, при повторяемости эксперимента $M = 3$.

Обобщенный коэффициент демпфирования в продольном направлении может быть определен согласно следующей зависимости [2]:

$$h = \frac{2m}{T} \delta. \quad (3)$$

Эксперименты подтвердили, что логарифмический декремент колебаний с достаточной точностью может быть определен расчетным путем, предложенным И.Г. Жарковым [2]:

$$\delta = \sqrt{\vartheta_1 \mu_{вн}^2 + \vartheta_2 \mu_3^2 + \vartheta_3 \mu_{п}^2 + \vartheta_4 \mu_{лен}^2 + \vartheta_5 \mu_{вн.пл}^2}, \quad (4)$$

где $\mu_{вн}$ – коэффициент внутреннего трения в материале инструмента; μ_3 , $\mu_{п}$, $\mu_{лен}$ – коэффициенты трения соответственно по задней, передней поверхности и ленточке спирального сверла; $\mu_{вн.пл}$ – коэффициент внутреннего трения в пластической зоне; ϑ_1 , ϑ_2 , ϑ_3 , ϑ_4 , ϑ_5 – коэффициенты корреляции, учитывающие влияние каждого из коэффициентов $\mu_{вн}$, μ_3 , $\mu_{п}$, $\mu_{лен}$, $\mu_{вн.пл}$ на обобщенный логарифмический декремент затуханий.

При проведении расчетов коэффициенты внутреннего трения, по ленточке спирального сверла были определены экспериментально ($\mu_{вн} = 0,195$, $\mu_{лен} = 0,93$), коэффициент трения на передней поверхности рассчитан по ме-

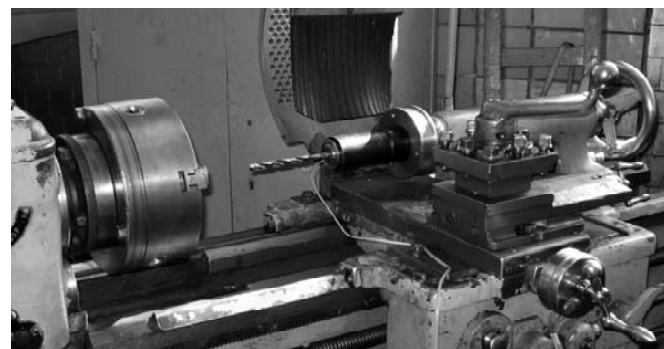


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

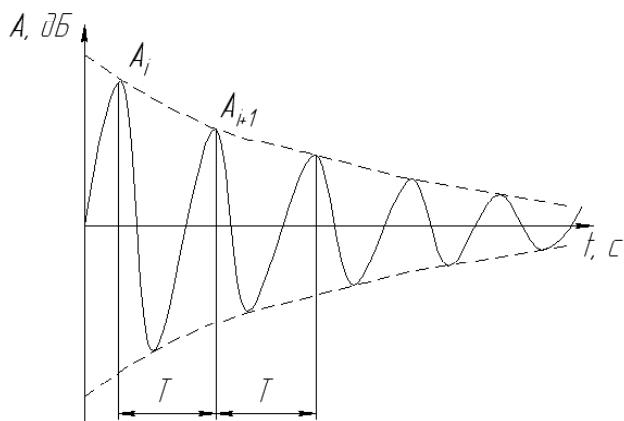


Рис. 3. Осциллограмма затухающих колебаний (схема) [1]

тодике С.С. Силина [4] $\mu_n = 0,99$, коэффициент трения на задней поверхности был принят равным $\mu_3 = \mu_n = 0,99$. Коэффициент внутреннего трения в пластической зоне и коэффициенты корреляции были выбраны согласно работе [2]: $\mu_{\text{вн.пл}} = 0,7$, $\vartheta_1 = 1$, $\vartheta_2 = 0,8$, $\vartheta_3 = 0,5$, $\vartheta_4 = 0,1$, $\vartheta_5 = 0,1$. При этом обобщенный декремент колебаний $\delta = 1,203$. В рассматриваемых условиях погрешность между расчетными и экспериментальными данными составляет порядка 3%. При проверке расчетного декремента колебаний в диапазоне режимов резания $S = 0,28 \dots 0,47$ мм/об, $V = 0,102 \dots 0,392$ м/с ($n = 195 \dots 750$ об/мин) погрешность составила от 3 до 12 %.

В отсутствие экспериментальных данных длительность колебательного цикла T (рис. 3) в формуле (4) можно приближенно определить по собственной частоте колебаний инструмента, равной (при расчете коэффициента демпфирования в продольном направлении) [1]:

$$\rho = \sqrt{\frac{c}{m}}. \quad (5)$$

Частота колебаний в условиях вязкого сопротивления определяется по формуле [1]:

$$\omega = \sqrt{\rho^2 - n^2}. \quad (6)$$

При малых значениях коэффициента его влияние на частоту колебаний незначительно. В рассматриваемом случае:

$$\delta = nT = \ln 3,46 = 1,241, \quad (7)$$

откуда

$$n = 1,241 / T = 1,241 \sqrt{\rho^2 - n^2} / 2\pi. \quad (8)$$

Решая это уравнение, находим, что n^2 весьма мало по сравнению с ρ^2 ($n^2 = 0,039 \rho^2$).

Тогда частота колебаний согласно уравнению (6)

$$\omega = \sqrt{\rho^2 - n^2} = \sqrt{\rho^2 - 0,039\rho^2} = 0,98 \rho \quad (9)$$

отличается от частоты соответствующих незатухающих колебаний на 2 %.

Таким образом, рассмотренные экспериментальный и расчетный методы могут быть использованы для определения демпфирующей способности колебательной системы осевого режущего инструмента при описании движения инструмента в условиях линейного сопротивления посредством системы дифференциальных уравнений.

Список литературы

1. Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара / Я. Г. Пановко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л. : Политехника, 1990. – 272 с.
2. Жарков, И. Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом / И. Г. Жарков. – Л. : Машиностроение, 1986. – 184 с.
3. Леонов, С. Л. Основы создания имитационных технологий прецизионного формообразования / С. Л. Леонов, А. Т. Зиновьев. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2006. – 198 с.
4. Силин, С. С. Методы подобия при резании металлов / С. С. Силин. – М. : Машиностроение, 1979. – 152 с.

**Материалы 7-й Всероссийской научно-практической конференции
«Проблемы повышения эффективности металлообработки
в промышленности на современном этапе». 25 марта 2009 г.
Выставочное общество «Сибирская ярмарка», г. Новосибирск**

УДК 621.923

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУР ФОРМИРОВАНИЯ И ВЫБОРА СТРУКТУРНЫХ КОМПОНОВОК СБОРНЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ СЕТЕВЫХ ГРАФ-МОДЕЛЕЙ

*С.В. ЛУКИНА, профессор, доктор техн. наук,
МГТУ «СТАНКИН», г. Москва*

Рассматриваются вопросы автоматизации процедур формирования и выбора структурных компоновок сборных режущих инструментов. Разработанная методика реализована на примере сборных токарных резцов и торцевых фрез. Произведенная апробация аналитических моделей сетевых структур на примере сборных режущих инструментов показала, что разработанные прикладные аналитические и сетевые граф-модели работоспособны, наглядны, универсальны и могут быть автоматизированы с использованием инструментальных средств персональных компьютеров.

The issues of automating the procedures for formation and choice of structural component layout of modular cutting tools are considered. The technique developed is implemented in modular turning tools and face milling cutters. The analytical models of network structures of modular cutting tools received practical approval. It was shown that the developed applied analytical and network graph-models are serviceable, demonstrative and universal. They can be automated with the help of personal computers tools.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СБОРНЫЕ РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ, СЕТЕВЫЕ ГРАФ-МОДЕЛИ, АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СЕТЕВЫХ СТРУКТУР.

Современное состояние и перспективы развития металлообработки характеризуются широким использованием сборного режущего инструмента (РИС), оснащенного сменными механически закрепляемыми режущими элементами, выполненными из твердых сплавов, керамики и сверхтвердых материалов, с поликристаллическими вставками или алмазным напылением.

Конструкции сборных режущих инструментов различаются способами установки и крепления режущих элементов – пластин, т.е. структурной компоновкой и параметрами – размерами пластин, корпусных элементов или элементов крепежа. В настоящее время отечественными и зарубежными производителями разработано и эксплуатируется большое количество сборных инструментов одинаково-

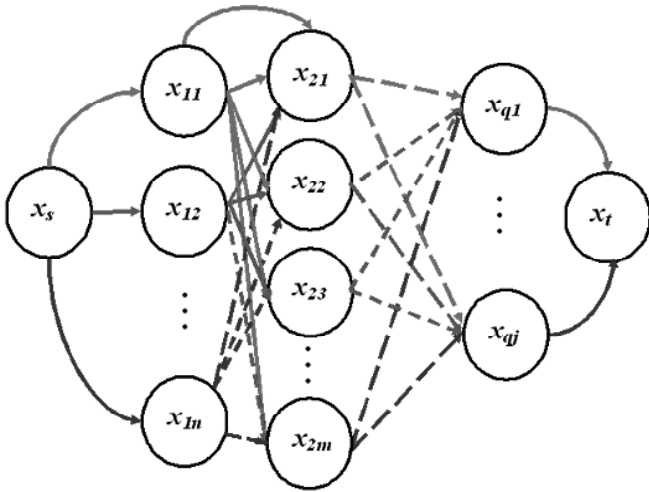


Рис. 1. Сетевой граф формирования вариантов структурных компоновок сборных режущих инструментов

го целевого назначения, а выбор подходящей конструкции осуществляется в основном на основании рекламных материалов или производственного опыта.

Повысить обоснованность принимаемых решений возможно на основе автоматизации процедур формирования и выбора структурных компоновок сборных режущих инструментов. В настоящей работе эту задачу предлагается решить методом булева линейного программирования.

Для автоматизации процедуры формирования множества вариантов структурных компоновок РИС сформированы ориентированные графы сетевой структуры $G=(X, E)$, где $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – множество вершин графа, описывающее варианты конструктивных исполнений инструментов; $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ – множество дуг графа, описывающее влияние каждого конструктивного исполнения сборочного элемента на критерий предпочтения (рис. 1).

Множество вариантов структурных компоновок РИС представлено множеством обходных путей графа, формируемых следующей системой линейных выражений:

$$x_s x_{11} + x_s x_{12} + \dots + x_s x_{1n} = 1,$$

$$x_t x_{q1} + x_t x_{q2} + \dots + x_t x_{qj} = 1,$$

$$x_s x_{11} - x_{11} x_{21} - x_{11} x_{22} - \dots - x_{11} x_{2m} = 0,$$

$$x_s x_{12} - x_{12} x_{21} - x_{12} x_{22} - \dots - x_{12} x_{2m} = 0,$$

.....

$$x_s x_{1n} - x_{1n} x_{21} - x_{1n} x_{22} - \dots - x_{1n} x_{2m} = 0, \quad (1)$$

$$x_{11} x_{21} + x_{12} x_{21} + \dots + x_{1n} x_{21} - x_{21} x_{q1} - \dots - x_{21} x_{qj} = 0,$$

$$x_{11} x_{22} + x_{12} x_{22} + \dots + x_{1n} x_{22} - x_{22} x_{q1} - \dots - x_{22} x_{qj} = 0,$$

.....

$$x_{11} x_{2m} + x_{12} x_{2m} + \dots + x_{1n} x_{2m} - x_{2m} x_{q1} - \dots - x_{2m} x_{qj} = 0,$$

$$x_{21} x_{q1} + x_{22} x_{q1} + \dots + x_{2m} x_{q1} - x_{q1} x_t = 0,$$

.....

$$x_{21} x_{q2} + x_{22} x_{q2} + \dots + x_{2m} x_{q2} - x_{q2} x_t = 0.$$

Система выражений (1) определяет следующие условия:

- искомый путь должен начинаться в вершине x_s ;
- искомый путь должен заканчиваться в вершине x_t ;
- искомый путь должен проходить через промежуточные вершины графа (ограничение связности оптимального пути графа).

Все переменные системы (1) являются булевыми. Переменная x_{ij} равна «1», если дуга (x_i, x_j) входит в обходной путь, и равна «0» в противном случае. Количество возможных вариантов структурных компоновок соответствует множеству обходных путей графа.

Выбор оптимального варианта конструкции РИС производится на основе заданных критериев предпочтения с использованием целевых функций следующего вида:

$$c_{x_s x_{11}} \cdot x_s x_{11} + c_{x_s x_{12}} \cdot x_s x_{12} + \dots + c_{x_s x_{1n}} \cdot x_s x_{1n} +$$

$$+ c_{x_{11} x_{21}} \cdot x_{11} x_{21} + c_{x_{11} x_{22}} \cdot x_{11} x_{22} + \dots + c_{x_{11} x_{2m}} \cdot$$

$$\cdot x_{11} x_{2m} + c_{x_{12} x_{21}} \cdot x_{12} x_{21} + c_{x_{12} x_{22}} \cdot x_{12} x_{22} + \dots +$$

$$+ \dots + x_{12} x_{2m} \cdot x_{12} x_{2m} + \dots + c_{x_{1n} x_{21}} \cdot x_{1n} x_{21} + c_{x_{1n} x_{22}} \cdot$$

$$\cdot x_{1n} x_{22} + c_{x_{1n} x_{2m}} \cdot x_{1n} x_{2m} + c_{x_{21} x_{q1}} \cdot x_{21} x_{q1} + \quad (2)$$

$$+ \dots + c_{x_{21} x_{qj}} \cdot x_{21} x_{qj} + \dots + c_{x_{22} x_{q1}} \cdot x_{22} x_{q1} + \dots +$$

$$+ c_{x_{22} x_{qj}} \cdot x_{22} x_{qj} + \dots + c_{x_{2m} x_{q1}} \cdot x_{2m} x_{q1} +$$

$$+ \dots + c_{x_{2m}x_{qj}} \cdot x_{2m}x_{qj} + c_{x_{q1}x_t} \cdot x_{q1}x_t + \dots + \\ + c_{x_{qj}x_t} \cdot x_{qj}x_t \rightarrow \min(\max),$$

где c_{ij} – весовая значимость дуги графа.

При наличии одного критерия предпочтения задача выбора оптимального варианта конструкции РИС сводится к поиску минимального или максимального пути в графе, соответствующему минимальному или максимальному значению целевой функции. При необходимости учета множества критериев предпочтения выбор оптимального варианта конструкции РИС сводится к расчету аддитивной или мультипликативной свертки частных критериев.

Разработанная математическая модель, состоящая из целевых функций (2) и системы ограничений (1), реализована в среде электронных таблиц Microsoft Excel. Выбор Microsoft Excel в качестве инструмента обоснован наличием встроенных функций и алгоритмов поиска решения, высокой доступностью и наглядностью приложения.

Разработанная методика была реализована на примере сборных токарных резцов и торцевых фрез. При решении практических задач выбора вариантов структурных компонентов РИС установлено, что в качестве критерия предпочтения может выступать любой критерий, полученный по результатам производственной деятельности изготовителя инструмента, в частности, пригодность пластин для обработки различных материалов. Из такой постановки следует, что должны быть рассмотрены такие варианты пластин, которые

могут выполнить заданную работу только с различной эффективностью, т.е. должны быть рассмотрены альтернативные варианты СМП. В этой связи определенную трудность составляет формирование целевой функции выбора оптимального варианта, поскольку оценить степень пригодности СМП для обработки различных материалов, используя аналитические методы, практически невозможно.

В этом случае в качестве значений степеней соответствия каждого варианта каждому критерию соответствия при формировании целевых функций следует принимать координаты точек графиков, значения ячеек таблиц или баллы, полученные экспериментальным или экспертным путем.

Произведенная апробация аналитических моделей сетевых структур на примере сборных режущих инструментов показала, что разработанные прикладные аналитические и сетевые граф-модели работоспособны, наглядны, универсальны и могут быть автоматизированы с использованием инструментальных средств персональных компьютеров.

Граф-модели обеспечивают единство сетевой структуры и индексации ее вершин при ее дополнении новыми конструктивными признаками или вариантами их исполнений и могут быть использованы при создании новых элементов сборных режущих инструментов.

Численные эксперименты с использованием разработанных моделей позволили произвести выбор оптимальных вариантов конструкций сборных режущих инструментов по заданной системе критериев предпочтения.

УДК 621.922.025

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБДИРОЧНЫХ КРУГОВ С КОНТРОЛИРУЕМОЙ ФОРМОЙ ЗЁРЕН

*А.Н. КОРОТКОВ, профессор, доктор техн. наук, КузГТУ, г. Кемерово,
Д.М. ДУБИНКИН, нач. констр. бюро
ТО «Кузбасская вагоностроительная компания»
филиал ОАО «Алтайвагон»,*

Приводятся результаты исследований по влиянию формы зерен на эксплуатационные возможности обдирочных кругов. Сравнительные испытания показали, что использование в конструкциях обдирочных кругов зерен с контролируемой формой позволяет значительно повысить их эксплуатационные возможности по отношению к стандартным кругам

The results of the research concerning the grains form influence on the operational capabilities of snagging wheels are given. The comparative tests showed that the use of the controlled form grains in snagging wheels design makes it possible to greatly increase their operational capabilities against the standard snagging wheels.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ОБДИРОЧНЫЕ КРУГИ, ФОРМА ШЛИФОВАЛЬНЫХ ЗЕРЕН, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ.

Для исследования формы шлифовальных зерен и для изготовления экспериментальных обдирочных кругов на кафедре металлорежущих станков и инструментов КузГТУ произведен рассев по признаку формы на вибрационном сепараторе шлифовальных зерен нормального электрокорунда 13А 80. Изображения рассеянных и предварительно отсканированных на планшетном сканере шлифовальных зерен в количестве не менее 100 штук из каждой ячейки вибрационного сепаратора заносились в программу, которая в автоматическом режиме определяла их коэффициент формы (K_{ϕ}), количественно отражающий разновидность той или иной формы зерен в изготовленном инструменте в виде отношения диаметров описанных ($D_{оп}$) и вписанных окружностей ($D_{вп}$) в проекции контура рассматриваемых зерен.

Экспериментальные обдирочные круги изготавливались из шлифовальных зерен, имеющих следующую форму: изометрическую,

со средним коэффициентом формы зерен $K_{\phi} \approx 1,28$; промежуточную – $K_{\phi} \approx 1,52$; игольчатую – $K_{\phi} \approx 2,30$; Для изготовления стандартных кругов использовались зёрна произвольной формы – $K_{\phi} \approx 1,81$.

Для определения эксплуатационных возможностей обдирочных кругов спроектирован и изготовлен программно-испытательный комплекс, включающий механическую (рис. 1, а) и программно-измерительную части (рис. 1, б).

В качестве обрабатываемых заготовок использовались фрагменты из листовой стали (09Г2С, Ст3сп, 12Х18Н10Т), соединенные между собой автоматической сваркой под слоем флюса.

С целью учета возможно большего числа факторов, влияющих на процесс шлифования обдирочными кругами с контролируемой формой зерен, применен метод математического планирования эксперимента. В качестве варьируемых параметров и интервалов использовались: K_{ϕ} – коэффициент формы зерен

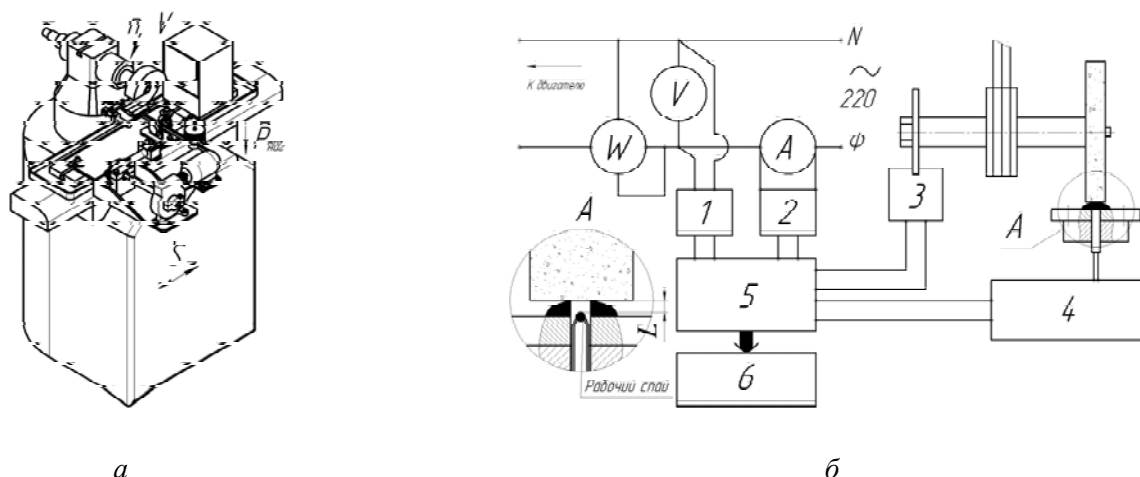


Рис. 1. Программно-испытательный комплекс:

a – схема испытательного стенда; *б* – программно-измерительная часть: 1 – датчик напряжения (U , В); 2 – датчик силы тока (I , А); 3 – датчик окружной скорости круга ($V_{кр}$, м/с); 4 – измеритель температуры мод. ТРМ1 А-Щ2-ТП-И; 5 – ТИМС частотно-амплитудный преобразователь №2007630017 РФ; 6 – ЭВМ и программа «WaveAnalizator» №2006614134 РФ

($K_{\phi} = 1,28 \dots 2,30$); $V_{кр}$ – окружная скорость круга ($V_{кр} = 30 \dots 50$ м/с); S – подача ($S = 2,32 \dots 4,00$ м/мин); $P_{наг}$ – прилагаемая нагрузка ($P_{наг} = 37 \dots 71$ Н).

По результатам полнофакторных экспериментов построены графики (рис. 2), отражающие влияние формы шлифовальных зерен марки 13А80 и режимов резания на эксплуатационные возможности обдирочных кругов.

В результате статистической обработки и анализа экспериментальных данных получены частные уравнения регрессий, которые, например для металла сварного шва из стали 09Г2С, выглядят следующим образом:

$$Q_m = 1,503 \cdot 10^{-3} \cdot V_{кр}^{1,064} \cdot P_{наг}^{1,127} \cdot K_{\phi}^{0,453} \cdot S^{0,364}, \text{ г/мин};$$

$$h = 1,254 \cdot 10^{-1} \cdot V_{кр}^{-0,216} \cdot P_{наг}^{0,904} \cdot K_{\phi}^{0,766} \cdot S^{0,189}, \text{ г/мин};$$

$$We = 3,95 \cdot 10^{-3} \cdot V_{кр}^{1,486} \cdot P_{наг}^{1,356} \cdot K_{\phi}^{0,689} \cdot S^{0,097}, \text{ Вт};$$

$$K_{ш} = 1,184 \cdot 10^{-2} \cdot V_{кр}^{1,282} \cdot P_{наг}^{0,226} \cdot K_{\phi}^{-0,311} \cdot S^{0,177};$$

$$T = 1,414 \cdot V_{кр}^{0,779} \cdot P_{наг}^{0,645} \cdot K_{\phi}^{-0,345} \cdot S^{-0,081}, \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$R_a = 2,034 \cdot V_{кр}^{-0,189} \cdot P_{наг}^{0,268} \cdot K_{\phi}^{0,272} \cdot S^{0,215}, \text{ мкм}.$$

Анализ графиков и эмпирических уравнений показывает, что обдирочные круги из зерен с большими коэффициентами формы, из-за

их более острых углов и режущих кромок, активнее режут металл (в 1,11–1,21 раза лучше, чем стандартные круги в зависимости от марки обрабатываемого материала и зернистости) и поэтому требуют больших затрат по мощности. Вместе с тем зерна игольчатой формы при работе интенсивнее изнашиваются и приводят к снижению коэффициента шлифования этих кругов. Круги из зерен изометрической формы (с малыми коэффициентами) изнашиваются менее интенсивно и их стойкость выше, как следствие, выше их коэффициент шлифования (в 1,05–1,22 раза по сравнению со стандартными кругами). Оценка температуры в зоне резания (рис. 1, б) путем измерения хромель-копелевой термопарой на расстоянии, максимально близком (и во всех случаях одинаковом) к зоне шлифования заготовок, показала, что по мере увеличения коэффициента формы зерен температура в зоне резания уменьшается в 1,19–1,21 раза. При переходе от зерен игольчатой формы ($K_{\phi} \approx 2,30$) к зернам изометрической формы ($K_{\phi} \approx 1,28$) шероховатость обработанной поверхности детали уменьшается в среднем в 1,15–1,20 раза.

Таким образом, сравнительные испытания показали, что использование в конструкциях обдирочных кругов зерен с контролируемой формой позволяет значительно повысить их эксплуатационные возможности по отношению к стандартным кругам. Причем выбор той или

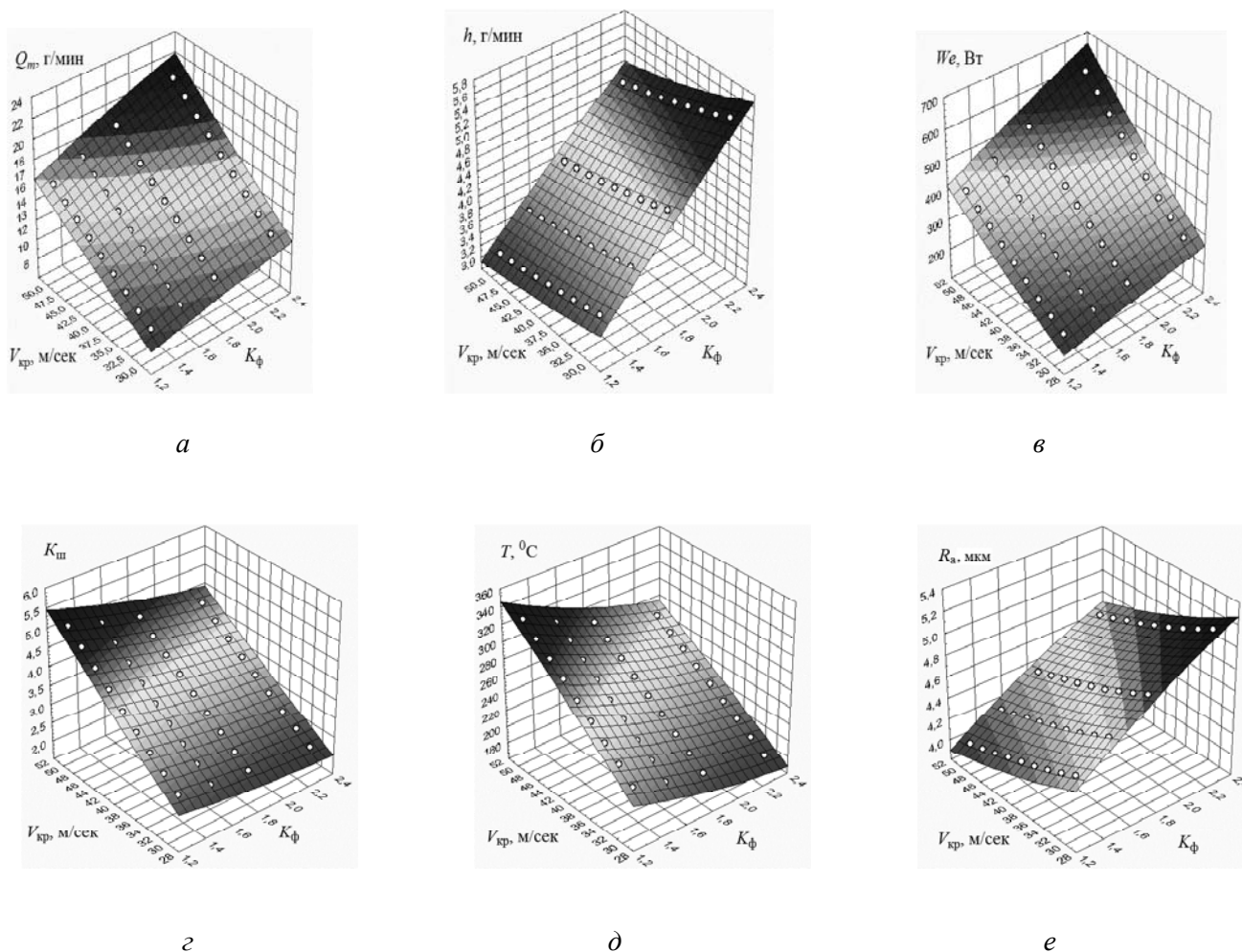


Рис. 2. Графики изменения эксплуатационных возможностей обдирочных кругов в зависимости от формы зёрен (K_ϕ) и режимов обработки ($V_{кр} = 30 \dots 50$ м/с, $P_{наг} = 55$ Н, $S = 3,6$ м/мин) при обработке металла сварного шва стали 09Г2С:

a – режущая способность (Q_m); *б* – интенсивность износа обдирочного круга (h); *в* – коэффициент шлифования ($K_{ш}$); *г* – эффективная мощность, затрачиваемая на шлифование (W_e); *д* – температура в зоне резания (T , °C); *е* – шероховатость (R_a) обрабатываемой поверхности

иной формы зёрен следует увязывать с конкретной задачей. Если на первом плане стоят производительность шлифования, снижение температуры резания, уменьшение приповерхностных дефектов металла сварного шва [1, 2] и улучшение механических свойств обрабатываемых заготовок (сварных конструкций) [3], то целесообразно использовать зёрна игольчатых (пластинчатых) разновидностей ($K_\phi \approx 2,30$). Если же более важны факторы уменьшения износа круга, снижения мощности, затрачиваемой на шлифование и уменьшения шероховатости обработки, то предпочтительнее выбирать зерна изометрической формы ($K_\phi \approx 1,28$).

Список литературы

1. Коротков А.Н., Дубинкин Д.М. Снижение дефектов в сварных швах при обдирочном шлифовании // Обработка металлов. – 2007. – №4 (37). – С.24.
2. Коротков А.Н., Дубинкин Д.М. Исследование механических свойств сварных соединений обработанных обдирочными кругами с контролируемой формой зёрен // Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении. В 2 т. Том 2: Материалы IV-й международной научно-практической конференции, 9–11 декаб. 2008 г. – Тюмень: Изд. «Вектор Бук», 2008. – С. 124 – 129.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЛЕПЕСТКОВОГО КРУГА

*А.Н. КОРОТКОВ, профессор, доктор техн. наук,
Д.Б. ШАТЬКО, доцент, канд. техн. наук
КузГТУ, г. Кемерово*

Рассматриваются вопросы совершенствования конструкций лепестковых шлифовальных кругов. Предлагается наряду с использованием ориентированных абразивных зерен с контролируемой формой дополнительно определенным образом располагать их параллельными рядами на поверхности лепестка.

Such issues as engineering development of flap grinding wheels are considered. It is offered not only to use the oriented abrasive grains with the controlled form but also to arrange them in parallel rows on the flap surface according to a certain pattern.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ШЛИФОВАЛЬНЫЙ КРУГ, АБРАЗИВНЫЕ ЗЕРНА, КОНТРОЛИРУЕМАЯ ФОРМА ЗЕРЕН.

В настоящее время известно несколько подходов к совершенствованию конструкций лепестковых шлифовальных кругов, которые направлены на повышение эффективности шлифования такими инструментами и улучшение качества обработки поверхностей. Одним из наиболее предпочтительных и перспективных методов является введение в конструкцию лепесткового круга классифицированных по признаку формы шлифовальных зерен, ориентированных определенным образом на поверхности лепестка. Данный подход успешно зарекомендовал себя на практике в ходе апробации новых инструментов в лабораторных и производственных условиях [1].

С целью дальнейшего повышения эксплуатационных возможностей лепестковых кругов на кафедре металлорежущих станков и инструментов КузГТУ разработан усовершенствованный способ изготовления этих инструментов из зерен с контролируемой формой и ориентацией. В частности, предлагается наряду с использованием ориентированных абразивных зерен с контролируемой формой дополнительно определенным образом располагать их параллельными рядами на поверхности лепестка [2].

Поставленная цель достигается тем, что в предлагаемой конструкции круга, содержащего корпус,

в котором установлены лепестки из шлифовальной шкурки, закрепленные на основании, шлифовальная шкурка содержит классифицированные по форме абразивные зерна, ориентированные перпендикулярно поверхности основы лепестка. Кроме того, зерна расположены тремя параллельными рядами одинаковой ширины в радиальном направлении, при этом каждый ряд состоит из зерен различной формы: первый ряд имеет зерна игольчатой формы, второй – промежуточной и третий – изометрической формы. Порядок следования рядов от первого к третьему соответствует направлению продольной подачи круга при круглом шлифовании либо направлению поперечной подачи – при плоском шлифовании.

Лепестковый круг состоит из корпуса 1 (рис. 1) и набора лепестков 2 из шлифовальной шкурки на какой-либо основе. Шлифовальная шкурка, из которой выполнены лепестки, изготавливается с использованием абразивных зерен, отсортированных по форме.

На каждом лепестке зерна расположены тремя параллельными рядами одинаковой ширины в радиальном направлении, при этом каждый ряд состоит из зерен различной формы – игольчатой 3, промежуточной 4 и изометрической 5. Отсортированные по форме зерна игольчатой и промежу-

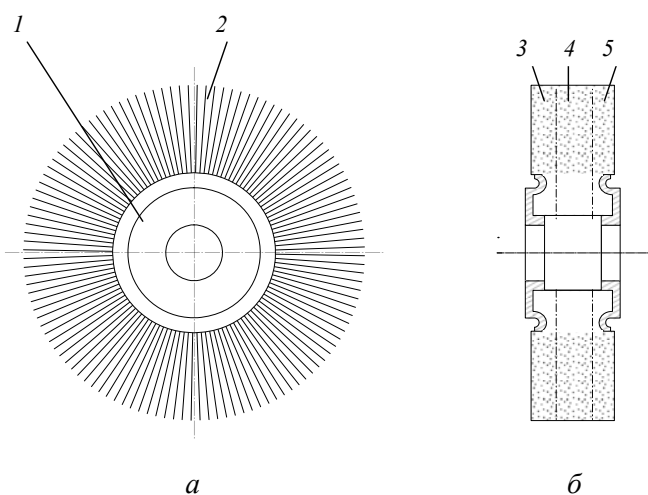


Рис. 1. Лепестковый круг

точной формы ориентированы перпендикулярно поверхности основы шлифовальной шкурки, из которой выполнен лепесток, с помощью электростатического поля по существующей технологии.

На рис. 1,а показан лепестковый круг, общий вид; на рис. 1,б – то же, осевой разрез. На рис. 2,а показана конструкция участка лепестка из ориентированных зерен с игольчатой формой; на рис. 2,б – конструкция участка лепестка из ориентированных зерен с промежуточной формой; на рис. 2,в – конструкция участка лепестка из зерен с изометрической формой.

Обработка деталей предложенным инструментом производится аналогично обработке стандартными лепестковыми кругами, т.е. инструмент закрепляют, например на шпинделе шлифовального станка, и сообщают ему вращение со скоростью 30...40 м/с, а детали придают движение подачи – продольной либо поперечной

в зависимости от схемы шлифования. Причем инструмент устанавливается на шпинделе станка таким образом, чтобы при включении той или иной подачи производилась обработка детали в направлении от игольчатых зерен к изометрическим. При этом игольчатые зерна, вступая в работу первыми, обеспечивают повышенный съем материала, оставляя, однако, глубокие риски на поверхности детали, формирующие высокие гребешки микронеровностей. Затем в работу вступают зерна промежуточной формы, уменьшая шероховатость, и, наконец, изометрические зерна, производящие чистовую обработку и обеспечивающие высокое качество поверхности.

Преимущество предложенной конструкции состоит в том, что за счет применения классифицированных по форме ориентированных зерен, расположенных на поверхности лепестка тремя параллельными рядами одинаковой ширины в радиальном направлении с разной формой зерна в каждом ряду, повышается производительность и качество процесса шлифования, уменьшается себестоимость операции, поскольку один предлагаемый лепестковый круг позволяет заменить собой три обычных с разными характеристиками.

Список литературы

1. Коротков А.Н., Шатько Д.Б. Повышение работоспособности лепестковых шлифовальных кругов: монография // ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2005. – 184 с.
2. Коротков А.Н., Шатько Д.Б. Лепестковый круг. (Положительное решение о выдаче патента по заявке № 2007120777/02(022631) от 04.06.2007.)

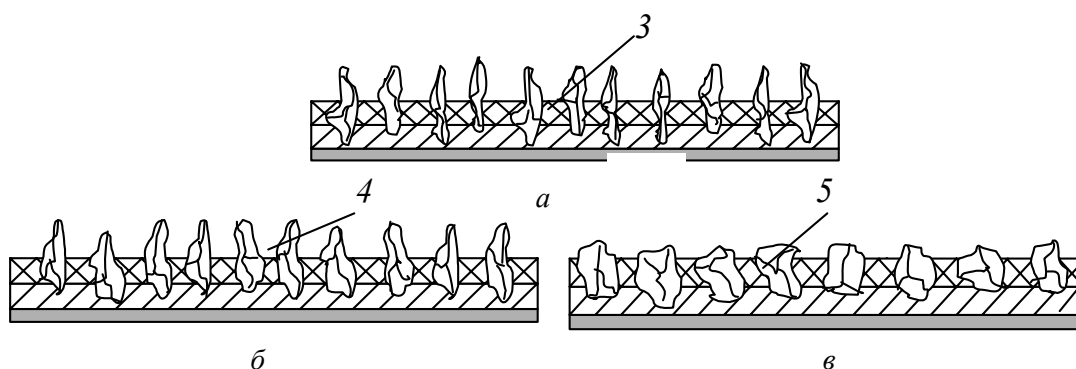


Рис. 2. Конструкции участков лепестков из зерен различной формы:

а – игольчатой; б – промежуточной; в – изометрической

УДК 621.793

ПОЛИМЕРНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СТАЛИ: ЭФФЕКТИВНАЯ ЗАЩИТА

*Е. ГРИШИРА,**пресс-служба компании Ruukki,
г. Москва*

По некоторым данным ежегодно десятая часть мировой добычи металла (свыше 50 млн т) безвозвратно теряется из-за коррозионного разрушения. Почти половина утрат приходится на Россию.

Потери подобного масштаба требуют эффективных мер противодействия. Одним из таких действенных способов является защита металла (в особенности конструкционных сталей, используемых в строительстве) полимерными покрытиями.

Different types of polymeric coatings for protecting steels against corrosion are reviewed. The basic corrosion testing techniques are considered.

БАЗОВЫЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ

В целом под коррозией соединений железа (стали и других) понимают комплекс физико-химических воздействий на поверхность металла, приводящих к изменению и ухудшению эксплуатационных свойств материала.

В основе процесса коррозии лежит сложная многокомпонентная химическая реакция между материалом и средой или их составляющими, протекающая на границе раздела фаз. При этом механизм коррозии определяется типом агрессивной среды. В сухих окислительных газах, в том числе в воздухе, при высоких температурах на поверхности конструкционных сталей образуется слой твердых продуктов окисления – окалины. Сплошной слой окалины лимитирует скорость коррозионного процесса скоростью диффузии через него ионов металла к границе раздела фаз или же окислителя (как правило, ионов O^{2-}) – к границе окалины–металл.

Более распространенным является механизм электролитической коррозии. Наиболее активно они протекают в тонких водных пленках на поверхности металла или в капиллярах поверхности. В этих средах, как правило, существует достаточная концентрация электролита, связанная с общим загрязнением окружающей среды (как правило, преобладают сульфат- и хлорид-ионы).

Очевидно, что для эффективной защиты от коррозии необходимо создать достаточно прочный пассивный слой или несколько разнородных, инертных к воздействию агрессивных факторов слоев. Как правило, поверхности конструкционных сталей,

предназначенных для внешних строительных работ, легируются цинком. Наиболее надежным и распространенным при заводском производстве является горячее цинкование. В данном случае в результате реакции с расплавом цинка на поверхности стали образуется железо-цинковый сплав с увеличением градиента концентрации Zn к поверхности.

Качество такой защиты напрямую зависит от соблюдения технологии процесса и исходного качества стали. Например, высокое содержание кремния в металле может привести к постепенному снижению коррозионной стойкости, несмотря на защиту.

На долговечность защитных свойств цинка влияет толщина слоя. При этом для определения срока эксплуатации оцинкованной конструкционной стали следует принимать во внимание, что разрушение пассивирующего слоя (может всё-таки – слоя цинка) за год составляет, в зависимости от условий, от 1 до 10 мкм.

Для усиления защиты поверхности конструкционных сталей от коррозии рекомендуется, помимо оцинковки, применять дополнительные меры. Наиболее надежным способом сегодня можно считать изоляцию от агрессивных сред при помощи современных полимерных материалов.

ВИДЫ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

На данный момент наиболее распространенным вариантом защиты от коррозии для конструкционных сталей, предназначенных для строительных нужд (металлочерепица, профлист и т.д.), являются специальные полимерные покрытия.

В настоящее время базовыми стали несколько их основных разновидностей (см. таблицу).

Полиэстр (Polyester, полиэфирная смола) – одно из наиболее известных и распространенных полимерных покрытий для стального оцинкованного листа. Полиэстер стоек к механическим и атмосферным воздействиям. Однако по технологическим причинам толщина покрытия не превышает 25...30 мкм, и поэтому стойкость к механическим воздействиям невысока. Для усиления механической устойчивости применяют посыпку кварцевым песком, однако это удорожает продукт и снижает безопасность его транспортировки. Существуют и модификации продукта, например: **Polyester matt** – покрытие с матовой поверхностью и хорошей формуемостью для наружного применения, **ARS polyester** – с «сатиновой» поверхностью, разработанное специально для электротехнической и электронной промышленности, а также **структурный Polyester** – низкоструктурное и хорошо выдерживающее износ покрытие для внутреннего применения.

Пластизоль – семейство коллоидных растворов полимеров на основе поливинилхлорида. Благодаря высокой пластичности покрытия толщина полимерного покрытия, например для кровельного стального листа, может достигать 200 мкм. Это делает пластизолевое покрытие одним из самых устойчивых к механическим повреждениям. Однако низкая температурная стойкость и низкая стойкость к УФ-излучениям

(быстрое старение под прямым солнечным излучением) ограничивает его применение, особенно в Южных районах.

Пурал (Pural) – разработанный в компании Ruukki новый тип полимерного покрытия на полиуретановой, модифицированной полиамидом основе. Этот материал имеет хорошую химическую устойчивость, выдерживает солнечное излучение, высокие температуры и большие суточные температурные перепады. Минимальная температура при работе с листами, покрытыми Pural, –15 °С, максимальная +120 °С. Толщина покрытия составляет 50 мкм.

Это покрытие подходит для профилированных листов, так как легко обрабатывается как при профилировании, так и при монтаже. Его пластичность гарантируется даже при низких температурах. Пурал имеет шелковисто-матовую структурную поверхность. Также Ruukki разработала матовую вариацию Пурал – Pural Matt.

PVF2 (Полидифторионад) – современный композитный фторполимер, состоящий из поливинилфторида (80 %) и акрила (20 %). Покрытие стабильно по отношению к механическим повреждениям и агрессивным средам, морозостойко и термостойко. Очень устойчиво к УФ-излучению, не выцветает. PVF2 может быть глянцевым или матовым, имеет широкий цветовой диапазон, включающий металлики (при дополнительной обработке лаком). При этом покрытие относительно более дорого, чем аналоги. Его применение оправдано

Технические характеристики полимерных покрытий
(по материалам лабораторных испытаний компании RUUKKI)

Параметры	Акрил	Полиэстер	Матовый (модифицированный) полиэстер	Пластизоль	Пурал	PVF2
Толщина покрытия, мкм	25	25	35	175/200	50	25–27
Поверхность	Гладкая	Гладкая	Матовая	Тиснение	Гладкая	Гладкая
Максимальная температура эксплуатации, °С	+120	+120	+120	+60	+120	+120
Минимальная температура обработки, °С	–10	–10	–10	+10	–15	–10
Сохранность внешнего вида	*	**	****	***	****	*****
Минимальный радиус изгиба	4 × t	3 × t	3 × t	0 × t	1 × t	1 × t
Коррозионная стойкость						
• соляной тест, ч	500	500	500	1000	1000	1000
• водяной тест, не менее, ч	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Устойчивость к ультрафиолетовому излучению	**	****	****	***	****	*****
Устойчивость к механическим повреждениям	*	***	***	*****	****	****

в условиях агрессивных воздействий – в морском климате, промышленных зонах и т.д.

Результаты лабораторных испытаний различных полимерных покрытий представлены в таблице.

Нанесение полимерных покрытий на оцинкованную сталь является сложным многокомпонентным процессом и состоит из ряда автоматизированных этапов: предварительной обработки, включающей в себя процессы фосфатации, грунтования и лишь в дальнейшем нанесения полимера с последующей сушкой в специальной камере.

В результате стальной оцинкованный лист с полимерным покрытием имеет многослойную структуру: стальной лист, слой цинка, пассивирующий слой, слой грунта, защитная краска с нижней стороны листа и слой окрашенного полимера с наружной стороны.

Нанесением полимерного покрытия занимаются только крупные металлургические предприятия, специализирующиеся на производстве оцинкованного сталеπροката. В России это, например, Липецкий комбинат, Северсталь (Череповец, Россия), в Европе – финский концерн Ruukki (ведущий европейский поставщик решений из металла для строительства и машиностроения), в Азии – SECHANG STEEL Co. LTD (Корея) и др.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДИКИ КОРРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Как ясно из приведенной таблицы, для адекватной оценки надежности антикоррозионных покрытий используются стандартный набор методик – коррозионные испытания. На основании их результатов выбирается оптимальный путь защиты от разрушающих факторов.

Различают эксплуатационные, натурные и лабораторные коррозионные испытания. Эксплуатационные испытания состоят в наблюдении за реальными механизмами или деталями в реальных условиях.

Натурные испытания исследуют поведение образцов материалов в конкретных климатических условиях.

Лабораторные коррозионные испытания проводятся в искусственно созданных и жестко контролируемых условиях. Преимущество подобных исследований – в возможности оперативного изменения условий и их лабораторного воспроизводства. Также такие испытания позволяют существенно сократить время исследова-

ния образцов и удешевить весь процесс, что особенно важно при разработке новых материалов.

Базовой методикой лабораторных испытаний является создание условий, провоцирующих быстрое возникновение коррозионных разрушений вследствие агрессивности среды. Главное правило при этом – механизм воздействия должен воспроизводиться для разных образцов.

Ускорение коррозии достигается усилением соответствующего натурального компонента воздействия. Например, вариантом воздействия является повышение содержания в среде агрессивных факторов.

Основные среды для лабораторных коррозионных испытаний – растворы электролитов (может быть, электролитические растворы), влажная атмосфера, содержащая коррозионные агенты (например, NaCl в соляных камерах), высокотемпературные газовые среды, расплавы солей и др. В любом случае изменения скорости коррозии определяют по потере или увеличению массы образца, количеству выделившегося водорода или кислорода, по времени до появления первого очага и т.д.

Сегодня лабораторные коррозионные испытания – неотъемлемая часть работы крупных металлопроизводящих и металлообрабатывающих компаний. Как правило, такие лаборатории производят контроль всех партий товарного металла. Например, подобное подразделение (одно из крупнейших в Европе) существует на заводе компании Ruukki в г. Вимпеле (Финляндия).

«Каждая партия изготовленной там продукции (металлочерепица из конструкционной оцинкованной стали с полимерным покрытием), – рассказала Наталья Большевикова, менеджер компании Ruukki, – проходит базовые лабораторные испытания – воздействие проливным дождем, соляным туманом в соляной камере, резкими температурными перепадами в климатической камере. Допуск к дальнейшей обработке и отгрузке материалов дается только при положительном исходе испытаний – соответствии партии разработанным в компании нормам».

Полимерные покрытия конструкционной оцинкованной стали можно считать наиболее оптимальной и надежной защитой от коррозии на сегодняшний день. Они не только обеспечивают долговечность работы и хорошие эксплуатационные качества продуктов, но и дают возможность разнообразить внешний вид объектов, где применяются эти виды материалов.

УДК 621.923.1

СЕРВИСНЫЕ МЕТАЛЛОЦЕНТРЫ: РЕЙТИНГ ТРЕБОВАНИЙ К ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ

Е. ГРИШИНА, пресс-служба компании Ruukki, г. Москва

Аналитический обзор по сервисным металлоцентрам.

The analytical review on service steel centers.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МЕТАЛЛЫ, ТРЕБОВАНИЯ К ОБРАБОТКЕ, СЕРВИСНЫЕ МЕТАЛЛОЦЕНТРЫ, КЛИЕНТ.

Появление сервисных металлоцентров (СМЦ) в России стало еще одним признаком того, что главная фигура на современном рынке – клиент. Последнему, к счастью, все реже приходится стоять в очередях и всё чаще из десятка предложений выбирать самое интересное.

И, возможно, слишком «пафосным» покажется утверждение, что СМЦ произвели революцию на рынке торговли металлопродукцией; но то, что они сделали его более удобным для потребителей данной продукции, сомнений не вызывает. Уже довольно большой опыт работы таких центров показал, что сегодня сформировался своеобразный «рейтинг» требований клиентов, который может стать руководством к действию для предпринимателей, желающих выйти на этот рынок.

В очередь за клиентами

СМЦ не только продает металл, но и оказывает весь спектр услуг, связанных с этим весьма специфичным и сложным товаром. По словам Олега Волкова, менеджера по маркетингу и коммуникациям российского подразделения Ruukki (европейский поставщик решений из металла для строительства и машиностроения): «Стратегия компании предполагает предоставление потребителям не просто металла, а целого комплекса решений и услуг. Металл должен доставляться как... пицца – в нужном объеме и точно в срок».

В Санкт-Петербурге компанией был создан один из первых СМЦ в России, построенный по европейскому типу. От привычных металлотрейдерских складов центр отличает наличие собственного высокотехнологичного производства, складского комплекса класса «А» с современным оборудованием, логистических и транспортных услуг.

На складе всегда необходимо поддерживать широкий ассортимент продукции – металлы разных марок, толщины и т.д.

Клиенту нужно предоставить не просто большой выбор (он есть и на обычном складе), но и разнообразные услуги по обработке металла, т.е. то, без чего нельзя представить современный СМЦ.

Это могут быть как самые простые услуги, например очистка металла от коррозии, ржавчины и окалин дробеструйным и пескоструйным способом, так и более сложный сервис: услуги по резке, первичной обработке металла и прочие виды деятельности.

Магазин готовых решений

Перспектива развития СМЦ в нашей стране связана с тем, что, как и во всем мире, они будут переходить от работы с металлом как с сырьем, к поставкам более сложных изделий из него. В частности, это диктуется развитием отечественной автомобильной промышленности.

«Большинство предприятий машиностроительной отрасли, которые были построены еще в советские времена, имеют в своем составе мощные заготовительные производства. В принципе они для себя могут сделать любые заготовки, – говорит Александр Романов, президент Российского союза поставщиков металлопродукции. – Однако большинство машиностроительных компаний имеют крайне устаревший парк оборудования, что соответственно не позволяет им даже для себя делать качественную продукцию и они вынуждены идти по пути аутсорсинга»¹.

Как отмечает эксперт: «Во всем мире машиностроение, автомобилестроение, судостроение и другие отрасли устроены на принципе аутсорсинга, когда сервисные компании поставляют компоненты, заготовки и т.д., а основная задача машиностроителей – разработка новой продукции, ее сборка и поставка конечному потребителю»².

Многие российские производители металлопродукции уже заявили о своем интересе к этой теме. «Известны зарубежные примеры, когда сервисные центры не только поставляют заготовку или штамповку, но и делают предварительную сборку узлов и агрегатов машин, – это могут быть детали кузова, шасси, подвески. И таким образом можно последовательно и успешно двигаться по пути создания прибавочной стоимости, вплоть до полусборки машин», – считает

¹ <http://www.metallinfo.ru/ru/news/27499>

² <http://www.metallinfo.ru/ru/news/27499>

член совета директоров ОАО «Северсталь» Анатолий Кручинин³.

В этом случае следует ожидать усиления «формальных» требований со стороны автозаводов и иных предприятий, которые становятся потребителями продукции СМЦ.

Каждая такая организация обычно формирует систему оценки поставщиков, где рассматривается уровень качества поставок, их организация, иные параметры.

Практически неизбежным в этом случае становится требование о наличии сертификатов, соответствующих стандартам ИСО.

Металл в нарезке

Производство более сложных деталей также ставит вопрос и о техническом перевооружении СМЦ, от которых требуется теперь выполнение более высокого уровня.

Так, в ряде СМЦ ОАО «Инпром» недавно появились линии плазменно-кислородного раскроя листового проката. Высокотемпературная дуга быстро и точно режет заготовки любых геометрических форм, в том числе с отверстиями, причем этот процесс эффективен при работе с листами разной толщины, металл не деформируется и не закаливается.

Получаемый разрез практически не имеет окалин, поэтому вторичной обработки, например очистки, не требуется, а это значительно экономит время и трудозатраты.

Услуга плазменной резки металлов активно востребована предприятиями стройиндустрии, судостроительной отрасли, вагоно- и автомобилестроения, сельхозмашиностроения и многими другими.

Следует отметить, что «плазма» имеет явные преимущества при резке материалов толщиной от 5 до 30 мм. Однако при жестких требованиях к отклонениям от перпендикулярности и вертикальности пропила более предпочтительна лазерная резка. Она оптимальна в процессах, требующих повышенной точности. Особенно важно это в автомобилестроении, где требования к исполнению деталей очень велики. Лазер подходит для разрезания тонких листов толщиной до 6 мм, когда к тому же необходимо особо высокое качество пропила. Точность обработки достигает 0.1 мм при повторяемости $\pm 0,05$ мм, причем качество реза стабильно высокое, поскольку зависит только от постоянства скорости перемещения лазерного луча, параметры которого остаются неизменными.

К особенностям лазерной резки следует отнести высокую требовательность к качеству поверхности (плоскостности) обрабатываемых листов. Как правило, в этом случае речь идет о специальных сортах проката – «лазерных сталях», таких как Laser 420 MC.

Благодаря подобным услугам потребители получают стальные полуфабрикаты и детали высокого качества точно в срок, готовые к запуску в основное производ-

ство, в результате чего ускоряется производственный цикл и снижается себестоимость продукции.

Чем больше, тем лучше

Как известно, современные покупатели предпочитают посещать большие магазины, чтобы найти там сразу все. Это правило действует и в отношении металла: поэтому СМЦ должны уделить внимание не только качеству своих услуг, но и росту предложения.

Например, в настоящее время под Екатеринбургом ведется строительство логистического металлоцентра «Урал», специализирующегося на черном и цветном металлопрокате (общая площадь 46 тыс. м²).

Примечательно, что возводится он не под нужды конкретного предприятия, а для сдачи в аренду. Предполагается, что арендатор, он же поставщик металлопродукции, отгружает товар в адрес металлоцентра. Все остальное логистический центр обеспечит по аутсорсингу: разгрузку, складирование, комплектацию заказов, упаковку, маркировку и доставку металлопродукции конечному потребителю.

Для иногородних организаций, которые не планируют содержать в Екатеринбурге собственный склад и нанимать персонал (но при этом хотели бы продавать металл в регионе от своего имени), будет предложена по аутсорсингу еще одна услуга: продажа металлопродукции от имени компании.

Таким образом, на одной территории в будущем будет представлена продукция разных предприятий.

Кадры решают все

И качество обработки металла, и широта предложения связаны с «ориентацией» на сам продукт; но не менее важно обеспечить и направленность на клиента, которая проявляется в том числе и в привлечении в СМЦ только высокопрофессиональных кадров.

Благодаря профессиональным кадрам компания способна оказывать и дополнительные услуги: технические консультации, экспертиза документации, инжиниринг.

Координацией работы с клиентами в целом могут заниматься специальные подразделения. «Для работы с клиентами в нашей компании был создан отдел customer service, занимающийся отслеживанием работы с заявками, отгрузкой и иными вопросами», – рассказывает менеджер компании Ruukki Сергей Ахантьев. Это позволяет существенно сблизить потребителя и поставщика и дает возможность максимально быстро и эффективно решать неизбежно возникающие проблемы.

Сервисный металлоцентр – признак зрелого рынка, на котором усилившаяся конкуренция заставляет производителей и продавцов металлопродукции находить новые варианты ее продвижения.

Но вместе с тем СМЦ – не просто новый способ продаж, это и новый этап развития, благодаря которому появляется еще больше качественной продукции, а каждому клиенту уделяется максимум внимания.

³ http://www.expert.ru/printissues/northwest/2008/17/interview_stal/



ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

технология • оборудование • инструменты

ИНФОРМАЦИЯ О ПОДПИСКЕ НА ЖУРНАЛ «ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ»

Подписка на журнал осуществляется по каталогу «Роспечать» (индекс 70590).

Периодичность издания журнала

- 4 номера в год.

РАСЦЕНКИ НА РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ В ЖУРНАЛЕ «ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ» (С УЧЕТОМ НДС)

Обложка (цв.):

2-я и 3-я полосы, формат А4 – 10 000 руб.

4-я полоса, формат А4 – 12 000 руб.

Внутренние полосы (цв.):

1/1 полосы – 8000 руб.

1/2 полосы – 4000 руб.

1/4 полосы – 2000 руб.

ПРИМЕЧАНИЯ:

публикация рекламы на 4-й странице обложки - надбавка 20 %, стоимость рекламной статьи - 2000 руб. за полосу

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), корп. 5, к. 274, Тел.: (383) 346-17-77, E-mail: obrmet@ngs.ru

РЕКВИЗИТЫ:

ИНН 5404105174 КПП 540401001

УФК по Новосибирской области (НГТУ л/с 03511128270)

Р/с 40503810300001000001 ГРКЦ ГУ Банка России по Новосибирской обл. г. Новосибирск

БИК 045004001

В НАЗНАЧЕНИИ ПЛАТЕЖА ОБЯЗАТЕЛЬНО УКАЗЫВАТЬ:

КБК 07330201010010000130 ИСТ.01042

Центр УГИС, информационные услуги

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ РУКОПИСИ И РЕКЛАМЫ

1. Статья и сопровождающие материалы предоставляются в редакцию на электронном носителе (диск, дискета) в формате Microsoft Word для Windows с распечаткой всех материалов или электронной почтой.
2. Текст статьи должен быть напечатан на бумаге формата А4 в двух экземплярах через 1,5 интервала, шрифт Times New Roman 14. Объем статьи – не более 10 стр., включая таблицы и рисунки; число рисунков не более 5.
3. Статья содержит: индекс УДК, название статьи, авторы, ученая степень, ученое звание, название учреждения, город, аннотация, ключевые слова, основной текст, список литературы. К статье прилагается экспертное заключение о возможности публикации.
4. На отдельном листе для предоставления сведений в РИНЦ указываются следующие данные в приведенной ниже последовательности:
 - а) индекс УДК;
 - б) название статьи;
 - в) фамилия, имя, отчество каждого автора;
 - г) место работы каждого автора в именительном падеже;
 - д) контактная информация (почтовый адрес, E-mail при наличии);
 - е) аннотация;
 - ж) ключевые слова;
 - з) список литературы.

На английском языке: пункты б, в (фамилия, инициалы), г, д.

5. Рисунки, фотографии, таблицы, схемы предоставляются в формате TIF, JPG, PSD, EPS или BMP, с разрешением 300dpi (для полноцветных изображений цветовая модель CMYK) и с обязательной распечаткой. На обороте указывается (карандашом) фамилия первого автора, номер рисунка (таблицы, схемы).
6. Оригинал-макеты рекламы принимаются в электронной версии (с обязательной распечаткой) в формате CorelDraw, версии 8.0 или Photoshop, версии 5.0. В CorelDraw текст должен быть преобразован в кривые.
7. Плата за опубликование рукописей аспирантов не взимается.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ
ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ
ТЕХНОЛОГИЯ • ОБОРУДОВАНИЕ • ИНСТРУМЕНТЫ

СВИДЕТЕЛЬСТВО О РЕГИСТРАЦИИ ПИ № ФС77-23961. Выходит с 1999 г.
Учредители: ОАО НПТ и ЭИ «Оргстанкинпром»,
ГОУ ВПО НГТУ, ООО НПКФ «Машсервисприбор».
Тираж – 1000 экз., формат А-4, периодичность – 4 номера в год.

Журнал реферируется ВИНТИ.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich`s Periodicals Directory»

ISSN регистратор как: ISSN 1994-6309. Название: Obrabotka metallovo

Адресован специалистам промышленных производств, научным работникам НИИ и проектных организаций, аспирантам, преподавателям и профессорам высшей школы, рационализаторам и изобретателям.

Публикуется сведения о прогрессивных инструментах, авангардных технологиях, современном оборудовании для металлообработки, проблемах экономики и организации производства.

Распространяется на выставках, конференциях и по адресной почтовой рассылке на предприятия и организации России и стран СНГ, а также по подписке через Роспечать.



**Подписной индекс
Роспечати на журнал «ОМ»
70590**

Адрес редакции:
630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,
Новосибирский государственный
технический университет (НГТУ),
корп. 5, к. 274
Тел.: (383) 346-17-77
E-mail: obrmet@ngs.ru