

УДК 620.197

ЗАЩИТА СТАЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК ОТ ОКИСЛЕНИЯ ПРИ НАГРЕВЕ ПОД ТЕРМООБРАБОТКУ И ОБРАБОТКУ ДАВЛЕНИЕМ

Алексенко В. Л., старший преподаватель кафедры технической механики, инженерной и компьютерной графики Херсонской государственной морской академии, E-mail: mv-brailo@yandex.ua;

Браило Н. В., к.т.н., старший преподаватель кафедры судовых энергетических установок и общинженерной подготовки Херсонской государственной морской академии, E-mail: mv-brailo@yandex.ua;

Сердюк Н. В., курсант Херсонской государственной морской академии, E-mail: mv-brailo@yandex.ua

Анализируются существующие способы безокислительного нагрева под обработку давлением и термообработку. Из них отбираются и апробируются два, которые дают лучший защитный эффект при наименьших затратах и не требуют дефицитного оборудования, материалов и сырья – временные высокотемпературные покрытия и нагрев заготовок в ваннах с расплавом стекла. Подобран состав самоудаляющегося покрытия способного выполнять роль технологической смазки при обработке давлением. Приводятся результаты лабораторных и заводских испытаний. Рекомендуется последовательное применение нагрева в расплавах стекла при ковке и штамповке с последующей защитой готовых изделий временными покрытиями при термообработке, что позволяет создать сплошной безокислительный технологический процесс производства продукции повышенного качества.

Ключевые слова: безокислительный нагрев, обработка давлением, технологическая смазка, временное высокотемпературное покрытие, нагрев в расплавах стекла.

Введение. Не вдаваясь в причины обвальная деиндустриализации большинства стран постсоветского пространства и Украины в частности, отметим, что базисом возрождения нашей экономики вероятно будут отдельные мелкие и средние фрагменты дореформенного промышленного потенциала. Сохранение наработанных и создание новых технологий для повышения конкурентоспособности таких предприятий, которые станут центрами роста послекризисной экономики, является одной из задач, стоящих перед прикладной наукой Украины.

Так, традиционные для юго-востока металлообрабатывающие производства нуждаются в совершенствовании технологии нагрева заготовок под термообработку и штамповку, что связано, в значительной степени, с негативными побочными эффектами этой важной технологической операции. Борьба с такими из них как окисление и обезуглероживание поверхности представляет для технологов наибольшие трудности, а именно эти отрицательные стороны нагрева в наибольшей степени снижают качество изделий. В частности, сильное окисление резьбы высокопрочных болтов из стали 40Х при нагреве до 860°C под термообработку, ведёт к изменению геометрии резьбы, обезуглероживанию поверхностного слоя, а в итоге к уменьшению прочности и повышенной трудоемкости очистки [1]. Особенно толстый слой окалины образуется на поверхности заготовок при нагреве до более высокой температуры 1100...1300°C для обработки давлением (головки болтов, заготовки трубных ключей и т.п.). В последнем случае окалинообразование не только снижает коэффициент использования материала, стойкость штампов и требует увеличения припусков, но и ведет к общему ухудшению качества поверхности (куски окалины вминаются в металл) и резкому увеличению трудоемкости очистных операций [1–6, 8, 12, 14–17].

Учитывая, что к настоящему времени предложено много различных способов безокислительного нагрева, из которых целый ряд оправдал себя на предприятиях с высокой культурой производства [2], разработчик поставил своей задачей их анализ и выбор одной двух таких технологий безокислительного нагрева, которые с наименьшими капитальными затратами дали бы наибольший эффект на сохраняющихся производствах.

Цель исследования. Основная часть данной разработки посвящена:

- анализу существующих способов безокислительного нагрева;
- выбору тех из них, которые дадут возможно полный защитный эффект при наименьших затратах и не потребуют дефицитного оборудования, материалов и сырья;
- проверке выбранных решений в лабораторных условиях и на производстве;
- разработке приемлемых технологических схем, которые могли бы лечь в основу заданий на конструкторские разработки.

Обзор и сравнение существующих методов безокислительного нагрева. При нагреве материалов и сплавов для термических операций прокатки, поковки, штамповки, нормализации, закалки и отпуска на поверхности заготовок образуется слой окалины, приводящий к угару до 4...10 % исходного материала [2].

Окисление поверхностных слоев сопровождается также обеднением нижележащих слоев легирующими элементами и растворением в них кислорода, азота, водорода, что приводит к изменению химического состава и механических свойств. Наличие окалины приводит к трудоемким операциям механической или химической очистки и изменениям геометрии поверхности.

Решение проблемы защиты поверхности заготовок и деталей при термообработке позволяет уменьшить и даже исключить припуски на механическую обработку, повысить механические свойства изделий, уменьшить материалоемкость и снизить трудоемкость их изготовления.

В настоящее время окисление металла при нагреве удастся уменьшить регулированием состава топочных газов и с помощью скоростного нагрева. С целью защиты деталей от окисления применяют печи с контролируемой атмосферой, а также вакуумные печи [3–6, 8]. Небольшие детали нагревают в контейнерах из коррозионностойких сталей [2, 3–6] в расплавах солей [15] и стекла [17],

Широкие перспективы открывает технология безокислительного нагрева, основанная на использовании временных защитных покрытий [2].

Проведем ориентировочное сравнение перечисленных методов в пределах требований, которые могут быть к ним чаще всего предъявлены в машиностроении. Для этого выделим основные достоинства, которыми может обладать или не обладать каждый из указанных способов защиты от окисления при нагреве.

1. Возможность практически полной защиты от окисления и обезлегирования поверхностных слоев.
2. Возможность обработки крупных заготовок.
3. Простота технологического оборудования.
4. Недефицитность оборудования.
5. Недефицитность вспомогательных материалов.
6. Невысокие цены на вспомогательные материалы.
7. Отсутствие повышенного износа основного и вспомогательного оборудования.
8. Относительная безопасность процесса.
9. Наличие положительных побочных технологических эффектов (легирование поверхностных слоев, технологические высокотемпературные смазки).

Сознавая некоторую расплывчатость и неодинаковую ценность перечисленных технологических качеств вообще и их зависимость от условий производства в частности, присвоим, тем не менее, каждому из перечисленных методов в случае наличия положительного свойства некоторую условную единицу ценности, а при отсутствии - нуль. Результаты для сравнения поместим в табл. 1.

Из таблицы следует, что среди способов, обеспечивающих высокую степень защиты заготовок от окисления, наиболее целесообразным является использование защитных покрытий. Аналогичные выводы получены в Германии [2]. Установлено, что из трех способов защиты стали от окисления и обезуглероживания: 1) применение защитной атмосферы; 2) скоростной нагрев; 3) покрытие – эффективными являются только

покрытия. Применение защитных атмосфер и скоростного нагрева не дало положительных результатов из-за окисления металла [2].

Таблица 1 – Сравнение методов безокислительного нагрева

	<i>Наименование способа безокислительного нагрева</i>	<i>Наличие или отсутствие технологических и экономических качеств</i>									<i>Сумма баллов</i>	<i>Место</i>
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>		
1	Регулирование состава топочных газов	0	1	1	1	1	1	1	1	0	7	3
2	Скоростной нагрев	0	0	0	0	1	1	1	1	0	4	5
3	Печи с контролируемой атмосферой (в т. ч. инертными газами)	1	0	0	0	0	0	1	1	1	4	5
4	Нагрев в вакууме	1	0	0	0	1	1	1	1	0	5	4
5	Нагрев в контейнерах с инертными газами	1	0	1	1	0	0	0	1	0	4	5
6	Нагрев в расплавах солей	0	0	1	1	1	1	0	0	1	5	4
7	Нагрев в расплавах стекла	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8	2
8	Защитные смеси и обмазки	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	2
9	Высокотемпературные защитные покрытия	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1

Сущность безокислительного нагрева с использованием защитных покрытий состоит в следующем [2]: «... эти покрытия являются временными – перед нагревом заготовки покрытие наносится, а после нагрева и выполнения технологических операций удаляется с поверхности металла».

Применяют покрытия нескольких типов: эмалевые (стекловидные), стеклокерамические, стеклометаллические, керамические. Предназначены они для защиты сталей и сплавов при температурах 500...1600°C. Наиболее распространены силикатные эмали, представляющие собой сплав окислов, получаемый из смеси песка, мела, соды, глинозема и других недорогих компонентов. Эмаль наносят на поверхность деталей окунанием, обливанием или напылением. При нагреве детали слой эмали оплавляется, образуя сплошную газонепроницаемую пленку, прочно сцепленную с металлом, которая и обеспечивает защиту детали.

Технологический процесс эмалирования является простым, он не требует сложного оборудования. Расход эмали на 1 кв.м. площади не превышает 0,2...0,5 кг. При некоторых технологических операциях эмаль в процессе охлаждения (в результате значительной разницы коэффициентов теплового линейного расширения эмали и металлов) самопроизвольно удаляется с поверхности деталей, что исключает химическое травление или другую очистку. Поверхность детали остается светлой без заметных следов окалины. Детали, полученные таким методом, можно ставить в машины, подвергая механической обработке лишь места их сопряжения.

Применение покрытий при нагреве конструкционных и легированных сталей позволяет уменьшить глубину обезуглероженного слоя в 10...15 раз и обеспечить высокое качество проката.

Эмали весьма эффективны как высокотемпературные смазки при штамповке и прессовании коррозионностойких и конструкционных сталей и сплавов, снижают сопротивление деформированию, уменьшают теплоотдачу между заготовкой и штампом, а также скорость охлаждения. В результате повышается точность заготовок, увеличивается в 1,5...2,5 раза стойкость штампов.

Значительной частью положительных качеств защитных покрытий обладает их «упрощенная» разновидность, именуемая «защитные смеси и обмазки», которые, однако, не могут обеспечить полную защиту от окисления.

Большой интерес представляет использование для нагрева заготовок ванны с расплавленным стеклом [17] (2-е место в табл. 1). Этот способ обладает следующими достоинствами:

- 1) обеспечивает практически полную защиту металла от окисления и обезуглероживания;
- 2) минимальное окисление поковок при остывании на воздухе (0,2 % по опытным данным);
- 3) доступная стоимость и недефицитность защитной среды, растворение в стекломассе исходной (прокатной) окалины;
- 4) практически неограниченный верхний предел температуры нагрева;
- 5) сжигание топлива с коэффициентом расхода воздуха $\alpha = 1,0$;
- 6) равномерность нагрева, отсутствие опасности местного перегрева и окисления металла при длительной выдержке в печи;
- 7) большая скорость и тепловая экономичность нагрева, по сравнению с обычным пламенным;
- 8) наличие тонкого слоя стекла на поверхности нагретых заготовок, обеспечивающего технологическую смазку при штамповке.

Недостатки способа: он неприемлем для крупных заготовок; его применение требует решения ряда задач получения легкоплавких стёкол с низкой вязкостью и стойких к действию расплавов стекла футеровок ванн.

По совокупности технологических свойств, простоте и недефицитности оборудования и материалов, безокислительный нагрев заготовок для термообработки и штамповки а) с защитным покрытием, б) в расплавах стекла – наиболее перспективны в условиях производства.

На рис. 1–3 представлены образцы из стали У7 после пребывания в течении 2 часов при температуре 1300°C в расплаве соответствующему стеклу 291В1, шихта для которого приготовлена в лаборатории из сырья, используемого на Херсонском заводе стеклоизделий [1].



Рисунок 1 – Образцы после нагрева в расплаве стекла 291В1, где видна частично отслоившаяся стеклянная плёнка, покрытая сетью трещин



Рисунок 2 – Контрольные образцы после нагрева в атмосфере печи, слой окалины до 2 мм

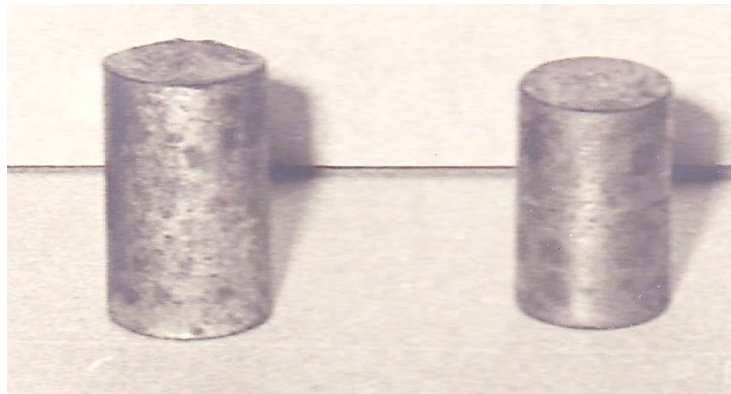


Рисунок 3 – Образцы после удаления защитного слоя стекла

Безокислительный нагрев с использованием временных высокотемпературных защитных покрытий. Этот способ безокислительного нагрева с использованием временных высокотемпературных защитных покрытий – относительно «молодой» технологический процесс и, несмотря на его успешное использование на передовых предприятиях (турбостроение [18] и т.п.), малоизвестен широкому кругу специалистов. Последнее отчасти объясняется разбросанностью сведений о нем в сравнительно небольшом числе журнальных статей и единственном справочном пособии [2], где этот вопрос изложен систематически (см. библиографию работы [2]). В настоящее время в нашей стране и за рубежом разработано большое количество защитных высокотемпературных покрытий. Отечественные защитные покрытия марок ЭВТ-8А, ЭВТ-10, ЭВТ-13, ЭВТ-20 успешно выполняют функции уменьшения окалинообразования при температурах до 900 °С, их эксплуатационные качества подробно описаны в [2]. Попытка применения указанных покрытий для низколегированных и особенно углеродистых сталей при более высоких температурах (1000...1300 °С) приводили в ряде случаев к увеличению коррозии в связи с чем в настоящее время разрабатываются [2, 9, 12] новые составы покрытий в том числе многослойные.

Ниже описаны результаты лабораторных и заводских испытаний боросиликатного временного защитного покрытия, предлагаемого разработчиком.

Боросиликатная защитная эмаль для безокислительного нагрева. Для защиты изделий из стали при нагреве под термообработку предложено защитное покрытие на базе боросиликатной эмали. При подборе состава покрытия учитывалось [2], что по сравнению с щелочными силикатными покрытиями боросиликатные покрытия обеспечивают большую стабильность свойств при нагреве заготовок. Коррозионная активность боросиликатных покрытий, даже содержащих щелочные окислы, сравнительно невелика. Эти покрытия можно отнести к легкоплавким, они имеют широкий температурный

интервал размягчения, так как их вязкость относительно медленно уменьшается при нагреве и увеличивается при охлаждении. Поэтому такие составы называются «длинными» – они сравнительно долго не затвердевают при понижении температуры заготовок.

Содержание борного ангидрида в боросиликатных покрытиях может достигать 30...40 % по массе. В качестве модифицирующих добавок используют окислы CaO, BaO, MgO, Al₂O₃, ZrO₂. Благодаря низкому содержанию окислов щелочных металлов заметно уменьшается химическое взаимодействие расплава покрытия с защищаемыми сплавами.

Для приготовления боросиликатных покрытий используются специальные фритты, а также боросиликатные стекла, например, типа «пирекс». Боросиликатные покрытия применяются для защиты от окисления и в качестве смазки при горячей обработке давлением самых различных сталей и сплавов».

Кроме вышперечисленного, разработчик особое внимание уделил требованию самоочищаемости при охлаждении. Известно существенное различие коэффициентов теплового расширения керамики и стали. Следовательно, эмали и глазури, предназначенные для керамики нанесённые на сталь, должны хорошо отслаиваться за счёт температурных напряжений при остывании. Кроме того, широкое производство фритты эмалей для производства керамики не требует создания аналогичных производств на предприятиях металлообрабатывающей промышленности. Такая эмаль с высоким содержанием бора показала хорошие защитные свойства и способность к самоудалению при лабораторных и заводских экспериментах с углеродистыми и легированными сталями: высокопрочные болты, детали трубных ключей, метчики [1]. Исходное сырьё для приготовления этой эмали включает следующие доступные материалы:

1 Кварцевый песок, основным компонентом которого является Si₂O₃.

2 Бура Na₂B₄O₇·10H₂O (десятиводная), вместо неё можно применить природные боросодержащие минералы, например, данбурит. Химический состав одного из образцов данбурита в процентах по весу: SiO₂ – 37,7; Al₂O₃ – 0,8; Fe₂O₃ – 2,7; CaO – 31,1; Mn₂O₃ – 0,2; B₂O₃ – 20,0; R₂O – 0,2; П.П.П. – 8,0.

В последнем случае вместе с окислами бора в состав эмали одновременно будет введен кварц и окислы калия.

3 Пегматит – горная порода крупнозернистой структуры, обычно содержит 75 % полевого шпата (щелочноземельный кальциевый полевой шпат – анортит CaO·Al₂O₃·2SiO₂ или щелочные: калиевый полевой шпат – ортоклаз K₂O·Al₂O₃·6SiO₂; натриевый – альбит Na₂O·Al₂O₃·6SiO₂ и 25 % – кварца (SiO₂).

4 Мел (CaCO₃) – в природе образует мощные залежи.

Детали состава предлагаемой защитной эмали не приводятся в связи с подготовкой заявки на предполагаемое изобретение.

Сравнивая химический состав данного покрытия с близким по составу боросиликатными и алюмоборосиликатными покрытиями ([2]) видим, что подобный состав может оказаться полезен:

– для защиты от окисления и смазки при выдавливании, прессовании и штамповке жаропрочных и никелевых сплавов до 1200–1240 °С,

– защиты от окисления и обезуглероживания стали при нагреве до 950–1050 °С.

Выводы и рекомендации. Сравнение известных методов безокислительного нагрева показало, что наиболее перспективными для внедрения являются нагрев в расплавах стекла и использование временных защитных покрытий. Оба метода обладают единым защитным механизмом – поверхность заготовок отделяется от атмосферы печи расплавом окислов, препятствующих диффузии кислорода. Отличие фактически состоит в толщине защитного слоя. В первом случае она составляет несколько сантиметров, и защита получается исключительно надёжной (если сам расплав не проявляет агрессивных свойств) в течение нескольких часов. Во втором случае толщина покрытия – доли миллиметра и надёжное предохранение от коррозии возможно в более короткий период и при более низких температурах (речь идет только об апробированных покрытиях).

Оба способа защиты нашли применение на предприятиях с высокой культурой производства. Нами подобранно и испытано в лабораторных и заводских условиях эффективное защитное покрытие на базе боросиликатной фритты. В лабораторных условиях проверены литературные данные о ценных, технологических свойствах легкоплавких стекол № 291а и № 291В1 и подобран состав шихты на основе относительно дешевых и доступных компонентов.

Важным достоинством предлагаемых методов является их относительная простота, дешевизна и недефицитность используемых сырьевых материалов и оборудования, а также отсутствие необходимости в сколь-нибудь существенной реконструкции имеющихся производственных мощностей. Кроме того, при совместном применении оба метода взаимно дополняют друг друга, компенсируя некоторые свои недостатки. Применение нагрева в расплавах стекла ограничивает размеры заготовок и более эффективно при повышенных (более 1000...1100 °С) температурах, когда достигается достаточно низкая вязкость и слой стекла на поверхности извлеченных заготовок получается равномерным, тонким, не требующим удаления излишков и может служить технологической смазкой при обработке давлением. Необходимость подготовки поверхности заготовок отсутствует, т. к. исходная окалина быстро и полностью растворяется в расплаве.

Применение этого способа защиты эффективно на кузнечнопрессовых участках, но требует устройства печи для выплавки расплава (простейшая газовая стекловаренная печь) или ванны с футеровкой, устойчивой к действию расплава (высокоглиноземистые огнеупоры) в существующих нагревательных печах. Для очистки от остатков стекла 291В1 после штамповки может потребоваться галтовка в барабанах. При нагреве в расплавах угар металла уменьшается на 70 и более процентов, увеличивается в 1,5...2,5 раза стойкость штампов, а усилие штамповки уменьшается в 1,5...2 раза. Точность и качество поверхности повышаются, снижается трудоемкость очистки.

Если послековки, штамповки и механической обработки необходима термическая обработка (850...950 °С), то целесообразно использование защитных покрытий. Подготовка поверхностей к нанесению покрытия сведется в этом случае лишь к обезжириванию поверхностей, обработанных режущим инструментом или чистых поверхностей от обработки давлением с использованием нагрева в расплавах стекла. В термических цехах с мелкосерийным характером производства рекомендуется организация небольшого участка для нанесения защитных покрытий. Термообработка при этом ведется с использованием имеющихся нагревательных печей по существующей технологии. Небольшое возрастание трудоемкости при нанесении защитного покрытия компенсируется значительным ее сокращением при окончательной очистке готовых деталей (самоудаление). При этом практически полностью исключается обезуглероживание и существенно возрастает точность изготовления изделий и качество их поверхности.

Таким образом, последовательное применение нагрева в расплавах стекла при ковке и штамповке с последующей защитой готовых изделий временными покрытиями при термообработке позволяют создать «сплошной» безокислительный технологический процесс производства разных видов продукции повышенного качества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование и совершенствование конструкций и технологи производства строительных кранов с целью повышения их надёжности и снижения себестоимости изготовления. Разработка технологических смазок для процессов ОМД : отчёт по НИР ИИ / Херсонский индустриальный институт, № Г. Р. 01825010811. – Херсон, 1983. – 133 с.
2. Солнцев С. С. Защитные покрытия металлов при нагреве : справ. пособие / С. С. Солнцев, А. Т. Туманов. – М. : Машиностроение, 1976. – 240 с.
3. Каменичный И. С. Пособие термисту инструментального цеха / И. С. Каменичный. – К.: Техника, 1975. – 174 с.

4. Каменичный И. С. Краткий справочник технолога-термиста / И. С. Каменичный. – М.; К. : Mashgiz. [Юж. отд-ние], 1963. – 286 с.
5. Каменичный И. С. Справочник термиста / И. С. Каменичный. – К. : Техника, 1978. – 230 с.
6. Высокотемпературная коррозия и методы защиты от нее : [сб. ст. / АН СССР. Ин-т физ. химии ; редкол.: д-р хим. наук А. В. Бялобжеский, д-р техн. наук Ю. Н. Голованов (отв. ред.) и др.]. – М. : Наука, 1973. – 127 с.
7. Аппен А. А. Температурустойчивые неорганические покрытия / А. А. Аппен. – Л. : Химия, 1967 – 240 с.
8. Стычинский В. В. Предупреждение образования окалины и методы очистки деталей / В. В. Стычинский, С. Д. Бешелев. – М. : Машиностроение, 1964. – 132 с.
9. Свирский Л. Д. Исследования в области защиты металлов от окисления и обезуглероживания при высокотемпературном нагреве / Л. Д. Свирский, Л. И. Прасол, Л. Л. Брагина, Г. В. Неелова // Защитные высокотемпературные покрытия. – Л. : Наука, 1972. – С. 229–232.
10. Самсонов Г. В. Тугоплавкие покрытия / Г. В. Самсонов, А. П. Эпик. – М. : Metallurgiya, 1973. – 399 с.
11. Высокотемпературные неорганические покрытия / под ред. Дж. Гуменика, мл.; пер. К. С. Чернявского, под ред. д-ра техн. наук М. А. Маураха. – М. : Metallurgiya, 1968. – 339 с.
12. Солнцев С. С. Высокотемпературные защитные покрытия. / С. С. Солнцев, В. А. Розенкова, Г. В. Барышникова, А. Т. Туманов. – Л. : Химия, 1972. – 213 с.
13. Защитные высокотемпературные покрытия // Труды 5-го Всесоюзного совещания по жаростойким покрытиям (г. Харьков, 12-16 мая 1970 г.). – Л. : Наука, 1972. – 368 с.
14. Баязитов М. И. Борирование в обмазках при печном нагреве / М. И. Баязитов, А. А. Алиев // МиТОМ. – 1974. – № 7. – С. 46–47
15. Смольников Е. А. Соляные ванны для нагрева металлов / Е. А. Смольников // МиТОМ. – 1970. – № 11. – С. 71–78.
16. Ковалев Л. К. Стекло как смазка при горячей деформации металлов // Бюллетень «Стекло». – ГИС, 1961. – № 1. – 57 с.
17. Гущина И. И. Разработка и исследование специальных составов стекла для нагрева заготовок / И. И. Гущина, Е. Г. Шадек // Кузнечно-штамповочное производство. – 1966. – № 9. – С. 34–37.
18. Применение стеклянных защитных покрытий при штамповке лопаток из жаропрочных сплавов / общ. ред. Н. И. Корнеев, И. Г. Скугарев, М. Я. Кулешов. – М. : Машиностроение, 1966. – 124 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Khersonskiyj industrialnijj institut (1983). *Issledovanie i sovershenstvovanie konstrukcij i tekhnologi proizvodstva stroiteljnihh kranov s celju povihsheniya ikh nadyozhnosti i snizheniya sebestoimosti izgotovleniya. Razrabotka tekhnologicheskikh smazok dlya processov OMD : otchyot po NIR IIю № G. R. 01825010811. Kherson.*
2. Solncev S. S., Tumanov A. T. (1976). *Zathitnihe pokrihtiya metallov pri nagreve : sprav. posobie* М. : Mashinostroenie.
3. Kamenichnijj I. S. (1975). *Posobie termistu instrumentaljnogo cekha.* Kyev: Tekhnika.
4. Kamenichnijj I. S. (1963). *Kratkiyj spravochnik tekhnologa-termista.* М.; К. : Mashgiz. [Yuzh. otdnie.
5. Kamenichnijj I. S. (1978). *Spravochnik termista* К. : Tekhnika.
6. Byalobzheskiyj A. V., Golovanov Yu. N. (Ed.) et al. (1973). *Vihsokotemperaturnaya korroziya i metodih zathitih ot nee.* Moskva : Nauka.
7. Appen A. A. (1967). *Temperaturoustojchivihe neorganicheskie pokrihtiya* L. : Khimiya.

8. Stihchinskiy V. V., Beshelev S. D. (1964). *Preduprezhdenie obrazovaniya okalinih i metodih ochistki detaley*. M. : Mashinostroenie.
9. Svirskiy L. D., Prasol L. I., Bragina L. L., Neelova G. V. (1972). *Issledovaniya v oblasti zathitih metallov ot okisleniya i obezuglerozhivaniya pri vihsokotemperaturnom nagreve Zathitnihe vihsokotemperaturnihe pokrihtiya*. L. : Nauka. 229–232.
10. Samsonov G. V., Ehpik A. P. (1973). *Tugoplavkie pokrihtiya* M. : Metallurgiya.
11. Maurakha M. A. (Ed.). (1968). *Vihsokotemperaturnihe neorganicheskie pokrihtiya* M. : Metallurgiya.
12. Solncev S. S., Rozenkova V. A., Barihshnikova G. V., Tumanov A. T. (1972). *Vihsokotemperaturnihe zathitnihe pokrihtiya*. L. : Khimiya.
13. *Zathitnihe vihsokotemperaturnihe pokrihtiya* (1972). *Trudih 5-go Vsesoyuznogo sovethaniya po zharostoykim pokrihtiyam* L. : Nauka, 368.
14. Bayazitov M. I., Aliev A. A. (1974). *Borirovanie v obmazkakh pri pechnom nagreve MiTOM*, 7, 46–47
15. Smoljnikov E. A. (1970). *Solyanihe vannih dlya nagreva metallov MiTOM*, 11, 71–78.
16. Kovalev L. K. (1961). *Steklo kak smazka pri goryacheyj deformacii metallov Byulletenj «Steklo», GIS*, 1, 57.
17. Guthina I. I., Shadek E. G. (1966). *Razrabotka i issledovanie specialjnihkh sostavov stekla dlya nagreva zagotovok. Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo*, 9, 34–37.
18. Korneev N. I., Skugarev I. G., Kuleshov M. Ya. (Ed.) (1966). *Primenenie steklyannihkh zathitnihkh pokrihtiy pri shtampovke lopatok iz zharoprochnihkh splavov* M. : Mashinostroenie.

Алексенко В. Л., Браїло М. В., Сердюк М. В. ЗАХИСТ СТАЛЕВИХ ЗАГОТОВОК ВІД ОКИСЛЕННЯ В ПРОЦЕСІ НАГРІВУ ТА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ПІД ТИСКОМ

Аналізуються існуючі способи безокисного нагріву під обробку тиском і термообробку. З них відбираються і апробуються два, які дають кращий захисний ефект при найменших витратах і не вимагають дефіцитного обладнання, матеріалів і сировини – тимчасові високотемпературні покриття і нагрів заготовок в ваннах з розплавом скла. Підібрано склад самовидається покриття здатного виконувати роль технологічного мастила при обробці тиском. Наводяться результати лабораторних і заводських випробувань. Рекомендується послідовне застосування нагріву в розплавах скла при куванні і штамуванні з подальшим захистом готових виробів тимчасовими покриттями при термообробці, що дозволяє створити суцільний безокислительний технологічний процес виробництва продукції підвищеної якості.

Ключові слова: *безокислительний нагрів, обробка тиском, технологічна мастила, тимчасове високотемпературне покриття, нагрів в розплавах скла.*

Alekseenko V. L., Brailo N. V., Serdyuk N. V. PROTECTION OF STEEL BILLETS FROM OXIDATION DURING HEATING AND PROCESSING HEAT TREATMENT UNDER PRESSURE

Analyzed existing methods nonoxidative heating under pressure treatment and heat treatment. Of these, two are tested and selected to give the best protective effect at the lowest cost and do not require scarce equipment, supplies and raw materials – time high-temperature coating and heating of billets in baths of molten glass. Selected composition coating deletes itself capable of performing the role of technological lubrication by pressure treatment. The results of laboratory and factory tests. Recommended consistent application of heat in the glass melts in forging and stamping, followed by protection of finished products temporary cover during the heat treatment that allows you to create a solid nonoxidizing manufacturing process of high-quality products.

Keywords: *nonoxidizing heating, pressure processing, Lubricants technological, temporary high-temperature coating, heating in the glass melts.*

© Алексенко В. Л., Браїло М. В., Сердюк М. В.

Статтю прийнято
до редакції 24.05.16