

УДК 621.78.011

РАЗРАБОТКА РАБОЧЕЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА РЕИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ

Горбатюк С.М., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Инжиниринг технологического оборудования»

Морозова И.Г., к.т.н., доцент кафедры «Инжиниринг технологического оборудования»

Наумова М.Г., старший преподаватель кафедры «Инжиниринг технологического оборудования» (qwerty-rita@yandex.ru)

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
(119049, Россия, Москва, Ленинский пр., 4)

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы, связанные с реиндустриализацией производства на примере создания рабочей модели технического проекта современного участка термообработки штампового инструмента из специальных сталей. В ходе реиндустриализации требуется восстановить или модернизировать производственные мощности, утраченные или устаревшие в процессе деиндустриализации, произошедшей в постиндустриальный период. Разработка носит актуальный характер, так как термическая обработка является составной частью большинства технологических процессов изготовления и восстановления различного инструмента. С помощью современного отечественного оборудования есть возможность осуществления качественной термической обработки широкого спектра специальных сталей с целью обеспечения требуемых механических свойств изделий. В работе рассмотрены все основные группы штамповых сталей с точки зрения эксплуатационных свойств: стали повышенной износостойкости, вторично твердеющие стали с высоким сопротивлением смятию, стали с повышенной ударной вязкостью, стали умеренной теплостойкости и повышенной вязкости, стали повышенной теплостойкости и вязкости, стали высокой теплостойкости. Проанализированы требования к их свойствам и возможные пути достижения этих свойств с помощью различных видов термической обработки. На основании этого анализа, сопоставив знания о конкретном назначении штамповых сталей, требуемых при их эксплуатации свойствах и возможных путях их достижения с помощью термической обработки, подобрано современное оборудование для достижения требуемых результатов. С помощью современного отечественного оборудования есть возможность осуществления качественной термической обработки широкого спектра штамповых сталей с целью обеспечения требуемых механических свойств изделий. В настоящее время важно создание современных производств, объединяющих в себе колоссальный накопленный научно-производственный опыт и современные прогрессивные технологии и оборудование. Это достаточно сложная задача, как с технической, так и с экономической точки зрения.

Ключевые слова: реиндустриализация, термическая обработка, штамповые стали, штампы, оборудование для термической обработки.

DOI: 10.17073/0368-0797-2017-5-410-415

Научное сообщество, политическое руководство и экономические власти страны объявили в качестве базового тренда модернизации российской экономики ее реиндустриализацию, новую индустриализацию на основе новейшего технологического уклада. В ходе реиндустриализации требуется восстановить или модернизировать производственные мощности, утраченные или устаревшие в процессе деиндустриализации, произошедшей в постиндустриальный период. В этой связи необходим переход к новой модели развития, ориентированной на реальный сектор экономики – становление новой индустрии на базе достижений научно-технологического прогресса и нового технологического уклада. Такая парадигма и получила название реиндустриализации или новой индустриализации.

При построении современных предприятий требуется разработка моделей производства, объединяющих колоссальный накопленный научно-производственный опыт и современные прогрессивные технологии и оборудование [1 – 4]. В работе представлена модель реиндустриализации производства на примере созда-

ния технического проекта современного участка термообработки штампового инструмента из специальных сталей. Разработка актуальна и востребована, так как термическая обработка является составной частью большинства технологических процессов изготовления и восстановления различного инструмента, в том числе штампового.

Главная задача работы состояла в том, чтобы на основании знания свойств штамповых сталей и требований к их эксплуатационным свойствам подобрать современное технологическое оборудование для их качественной термической обработки с целью создания технического проекта участка термообработки штампового инструмента из специальных сталей.

Штамповые стали, как правило, производят по ГОСТ 5950-2000, который определяет химический состав и вид поставки. Основные требования, предъявляемые к штамповым сталям: твердость, износостойкость, высокая ударная вязкость, тепло- и красностойкость (сохранение твердости при повышенных температурах). Однако роль того или иного свойства может изме-

няться в зависимости от условий работы инструмента. Поэтому химический состав и режимы термической обработки штамповых сталей могут существенно отличаться. Патентные исследования показывают, что ведется постоянная работа по совершенствованию штамповых сталей и методов упрочнения инструмента.

Стали повышенной износостойкости. Штампы для холодной листовой штамповки, как правило, устанавливаются на прессах и не подвергаются ударной нагрузке. Разогрев рабочих поверхностей при холодной деформации не превышает 300 °С, поэтому для повышения сопротивления смятию и износу увеличивают твердость рабочих частей штампа до 60 – 62 HRC. Наиболее характерными представителями штамповых сталей являются стали типа X12, которые содержат 1,4 – 2,0 % С и 10 – 13,0 % Cr, а также дополнительно легированы в небольших количествах молибденом, ванадием и вольфрамом [5]. Кроме этого, производят высокохромистые стали с повышенным содержанием ванадия (до 4,0 – 5,0 %), что способствует повышению износостойкости.

Характерной особенностью сталей этой группы является значительное количество избыточных карбидов, расположенных в виде строк или сетки, что приводит к снижению прочности, ударной вязкости и увеличению анизотропии свойств. Вместе с тем, эта особенность структуры сталей предопределяет их основное технологическое преимущество – высокую износостойкость. Дополнительное легирование стали типа X12 (2,0 – 2,5 % С) вольфрамом, молибденом, ванадием (X12ВН, Д-4, Д-5, СКД2 и др.) способствует некоторому улучшению распределения карбидной фазы, расширяет температурные интервалы аустенитизации и несколько повышает прочностные свойства.

Требуемый уровень твердости большинство сталей типа X12 сохраняют после закалки с 980 – 1050 °С и отпуска при 160 – 200 °С. Стали типа X12ВМ проявляют склонность к вторичному твердению после закалки с 1000 – 1040 °С, приобретая твердость 59 – 61 HRC после отпуска при 500 – 520 °С. После закалки на вторичную твердость ($t_{\text{зак}} = 1100 – 1150$ °С) и трех-четырехкратного отпуска при 500 – 530 °С стали типа X12 проявляют склонность к вторичному твердению, приобретая твердость 59 – 62 HRC. Однако нагрев под закалку при 1100 – 1150 °С приводит к значительному укрупнению зерна аустенита (№ 5 – 8), что отрицательно влияет на прочность и вязкость.

Вторично твердеющие стали с высоким сопротивлением смятию. Появление этой группы сталей было вызвано расширением процессов холодного деформирования и значительным увеличением удельного объема высокопрочных, как правило, труднодеформируемых конструкционных сталей, подвергаемых обработке давлением. Стали типа 8Х4В2С2МФ, 11ХВ2С2Ф3М, Х5С4В2Ф2НМ являются комплексно легированными, характеризуются пониженной карбид-

ной неоднородностью и, как следствие, повышенной прочностью. Они склонны ко вторичному твердению при отпуске в области температур 520 – 560 °С, что предопределяет их повышенную теплостойкость. Карбиды, выделившиеся в процессе твердения, а также избыточные карбиды обеспечивают сталям повышенную износостойкость.

После окончательной термической обработки рассматриваемые стали обладают высокой прочностью (≤ 3000 МПа), ударной вязкостью (30 – 40 Дж/см²) и пределом текучести при сжатии (до 2600 – 2800 МПа). Повышенная теплостойкость позволяет использовать их для инструментов, претерпевающих разогрев рабочих частей до 400 – 450 °С.

Стали с повышенной ударной вязкостью. Стали, входящие в третью группу, по особенностям легирования можно разделить на две подгруппы. К первой из них относятся марки типа 7ХГ2ВМ, ХГ2М, ХГ2НМ и другие [1 – 2], содержащие около 2 % Mn и небольшое количество хрома, молибдена (вольфрама), ванадия. Стали такого типа получили распространение в США, Англии и Японии. Характерной особенностью этих сталей является способность принимать закалку на воздухе и сохранять повышенное количество остаточного аустенита. По этой причине штампы из высокомарганцовистых сталей получают минимальную деформацию при закалке и малочувствительны к надрезу. По сравнению со сталями, содержащими 5 – 12 % Cr, эти стали имеют намного меньшую карбидную неоднородность. Высокомарганцовистые стали обладают высокой прокаливаемостью и мало склонны к обезуглероживанию при термической обработке [5]. Обладая высокой прочностью (до 3700 – 3800 МПа) и ударной вязкостью (до 120 – 150 Дж/см²), эта группа сталей относится к малотеплостойким. Твердость, равную 57 – 59 HRC, они приобретают после отпуска при 170 – 200 °С. Основное назначение высокомарганцовистых сталей – изготовление инструмента для прецизионной вырубки, пробивки, вытяжки и формовки изделий из низкоуглеродистых сталей и цветных сплавов [6].

Стали второй подгруппы 6Х6В3МФС и 6Х4М2ФС, так же как и типа 8Х4В2СМФ, 8Х4В3М3Ф2, Х4М3С2ВФ, обладают склонностью к вторичному твердению и имеют повышенные теплостойкость и сопротивление смятию по сравнению со сталями 7ХГ2ВМ, ХГ2М, и др. Это расширяет области их рационального применения и позволяет использовать для изготовления инструментов ударного выдавливания.

Стали умеренной теплостойкости и повышенной вязкости. К этой группе относятся стали, предназначенные в основном для изготовления молотых штампов, работающих в условиях ударного нагружения и относительно небольшого разогрева гравюры в процессе штамповки (до 500 – 550 °С). Повышенная вязкость дает возможность использовать их для изготовления штамповых кубиков и вставок для молотовых штам-

пов. По температурным областям применения и размерам рабочих частей штампов стали условно можно разделить на две подгруппы. К первой относятся стали типа 5ХНМ (5ХНВ), которые после закалки и отпуска при 450 – 500 °С приобретают твердость 43 – 45 HRC. Такие температуры отпуска предопределяются характером легирования сталей. Присутствие небольших содержаний карбидообразующих элементов: хрома (0,5 – 1,5 %) и молибдена или вольфрама (0,2 – 0,7 %) существенно задерживает распад мартенсита при нагреве, но недостаточно для обеспечения вторичного твердения. Эта группа сталей до сравнительно недавнего времени была основной для инструментов молотовых штампов.

Применение стали второй группы типа 4ХМФС вследствие ее более высокой теплостойкости и прочности по сравнению с 5ХНМ обеспечивает повышение стойкости и расширяет температурный диапазон штамповки (ковки). Однако, вследствие отсутствия никеля, сталь 4ХМФС характеризуется неглубокой прокаливаемостью и более чувствительна к концентрации напряжений, чем 5ХНМ. Поэтому ее целесообразно использовать для штампов простой формы диаметром (стороной) до 350 мм.

Сталь 5Х2МНФ по уровню физико-механических свойств приближается к сталям повышенной теплостойкости, так как высокая ударная вязкость и удовлетворительная прокаливаемость позволяют с успехом использовать ее для крупногабаритных молотовых и прессовых штампов. Широкое применение этой стали взамен 5ХНМ обеспечивает повышение стойкости в 1,5 – 2,5 раза.

Стали повышенной теплостойкости и вязкости.

Стали типа 4Х4ВМФС, 4Х5В2ФС, 4Х5МФС и другие применяют в основном для изготовления прессовых стоек, инструментов для высадки и выдавливания. Последнее время стали 4Х4ВМФС и 4Х5МФС находят все более широкое применение для изготовления штамповых инструментов высокоскоростных пневматических молотов.

Характерной особенностью сталей этой группы является комплексное легирование и склонность к дисперсионному твердению при отпуске в интервале температур 500 – 550 °С, что является их принципиальным отличием от стали типа 5ХНМ (5ХНВ). Более высокий уровень легирования (до 2,5 – 5,5 % Cr; 2,0 – 3,0 % W и Mo; 1,0 % V) благоприятно влияет на прочность, прокаливаемость и теплостойкость стали и дает возможность использовать их для прессовых инструментов, разогревающихся в процессе работы до 620 – 650 °С.

Повышенная ударная вязкость стали 4Х3ВМФ, 4Х4ВМФС и 4Х5МФС позволяет использовать ее для небольших молотовых штампов при деформировании сталей и сплавов повышенной прочности, получая при этом существенный выигрыш в стойкости по сравнению с классическими молотовыми сталями. Особенно

эффективно использование этих сталей для рабочих вставок. Сталь 4Х2В2МФС по характеру легирования и основным свойствам относится к сталям повышенной теплостойкости и вязкости. Вместе с тем, она обладает наименьшей склонностью к разупрочнению и поэтому ее используют в основном для прессовых инструментов, претерпевающих значительные температурно-силовые нагрузки.

За рубежом из этой группы наибольшее распространение находят стали типа 4Х5МФС и 3Х3М3Ф.

Стали высокой теплостойкости. Теплостойкость сталей этой группы достигает 660 – 680 °С. Особенностью их является повышенное содержание вольфрама или суммы вольфрама и молибдена в количестве 3 – 6 % в сталях типа 5Х3В3МФС и 4Х2В5МФ, 8 – 10 % – типа 3Х2В8Ф и 2 – 18 % – типа 5Х3В13Ф1 и 5Х4В18Ф1.

Среди этой группы сталей до сравнительно недавнего времени наиболее распространенной в большинстве стран была марка 3Х2В8Ф (3Х3В9Ф). Однако в последние десятилетия потребление ее существенно уменьшилось, так как начали широко использовать комплексно-легированные более теплостойкие стали типа 5Х3В3МФС, 4Х2В5МФ и др. При нагреве выше 680 – 690 °С скорость разупрочнения штамповых сталей типа 5Х3В3МФС резко возрастает и различие по твердости между всеми сталями, входящими в группу высокой теплостойкости, практически не наблюдается. Это обстоятельство свидетельствует о том, что для стали на основе α -железа с карбидным упрочнением температуры разогрева порядка 690 – 700 °С являются предельными.

Обращает на себя внимание наличие в марочниках многих стран, в том числе США, Германии, Франции, Японии высоколегированных сталей с содержанием вольфрама или суммы вольфрама и молибдена до 12 – 18 %, которые являются практически полными аналогами быстрорежущих сталей типа Р6М5, Р9, Р12 и Р18 с содержанием углерода 0,5 – 0,6 %. Эту группу сталей применяют для некоторых видов прессовых и холодновысадочных инструментов в относительно небольших масштабах.

Термическая обработка штампового инструмента.

Вследствие пониженной теплопроводности штамповых сталей рекомендуется одно- или двухступенчатый подогрев, температуру которого выбирают в зависимости от марки стали и конструкции инструментов. В среднем она для последнего подогрева составляет 700 – 850 °С.

Продолжительность выдержки при температурах аустенитизации устанавливают не только с учетом полного прогрева инструментов, но и растворения того количества углерода и легирующих элементов, которое может быть переведено в аустенит при данных условиях нагрева. Короткая выдержка не обеспечивает достаточной прокаливаемости и теплостойкости, а

излишне длительная выдержка вызывает рост зерна и обезуглероживание. Для высоколегированных сталей, которые содержат более труднорастворимые карбиды (типа Me_6C , MeC), продолжительность выдержки, как правило, больше, чем для низколегированных сталей (с карбидами типа Me_3C , Me_7C_3 и $Me_{23}C_6$). Время выдержки при нагреве в соляных ваннах выбирают из следующего расчета [7]:

– 18 – 24 с на 1 мм (диаметра) инструмента при подогреве в интервале 700 – 850 °С и при окончательном нагреве в интервале 800 – 900 °С;

– при нагреве до 1000 – 1150 °С для сталей с суммарным содержанием вольфрама, молибдена и ванадия до 1,5; 3; 3,5 % и более – 15; 20 – 30; 30 – 50 с на 1 мм толщины (диаметра) инструмента соответственно.

При нагреве в камерных печах выдержки обычно подбирают опытным путем в зависимости от способа упаковки инструментов, мощности печи и др. Без учета времени прогрева упаковки можно принимать выдержку в печи из расчета 50 – 70 с на 1 мм толщины (диаметра) [8].

Отпуск инструментов проводят в камерных электрических печах или низкотемпературных печах – в ваннах с расплавами солей. Выдержку при отпуске выбирают из расчета 100 – 150 с на 1 мм толщины (диаметра инструмента), но не менее 1,5 – 2,0 ч. Охлаждение после отпуска – на воздухе. При проведении термической обработки инструментов из вторично твердеющих штамповых сталей для холодного деформирования выполняют трех- четырехкратный отпуск продолжительностью 1,0 – 1,5 ч каждый для более полного распада остаточного аустенита [9].

Контроль качества термической обработки инструментов осуществляют наружным осмотром (выявлением закалочных трещин, оплавленных участков и других поверхностных дефектов), а также проверяют твердость и коробление. У штамповых инструментов из высоколегированных и среднелегированных сталей, подвергаемых закалке от высоких температур, необходимо контролировать наличие и глубину обезуглероженного (или науглероженного) слоя и величину зерна аустенита после закалки. Для этого вместе с партией инструментов закаливают специальные образцы-свидетели.

Действительное зерно аустенита в штамповых сталях чаще всего выявляют химическим или электролитическим травлением микрошлифов, полученных на образцах-свидетелях, охлажденных на воздухе. Более надежное выявление зерна аустенита в штамповых сталях эвтектоидного (или близкого к нему) и заэвтектоидного классов с температурой закалки выше 900 °С достигается при использовании следующей методики. Образец-свидетель после аустенизации переносят в печь или соляную ванну с температурой, равной $Ar_3 + (15 – 20 °С)$, выдерживают в течение 20 – 40 мин, а затем ускоренно охлаждают в масле или воде. При такой изотермической выдержке аустенита, пересы-

щенного углеродом и легирующими элементами, выделяются карбиды, которые располагаются преимущественно по границам зерен, декорируя их. Последующее химическое травление шлифа в 4 – 10 %-ном спиртовом растворе азотной кислоты обеспечивает четкое выявление границ зерен.

Вследствие большой дисперсности структуры штамповых сталей номер аустенитного зерна лучше определять при 400 или 500-кратном увеличении с последующим пересчетом на номер зерна при 100-кратном увеличении [10].

Оборудование для термической обработки штампового инструмента. Применение для термической обработки современного отечественного оборудования, имеющего необходимые сертификаты Ростехнадзора, способствует решению задачи импортозамещения в промышленности и экономически выгодно для потребителя. Основным оборудованием термических отделений отечественных предприятий при инструментальных цехах являются камерные электрические печи типа СНО и СНЗ и плазменные печи типа ТНО различных размеров. На высокие температуры (1300 °С и выше) электрические печи применяются с неметаллическими нагревателями (корундовыми или из дисилицида молибдена). Тяжелые штампы нагревают в печах типа ТДО и СДО с выдвигным подом.

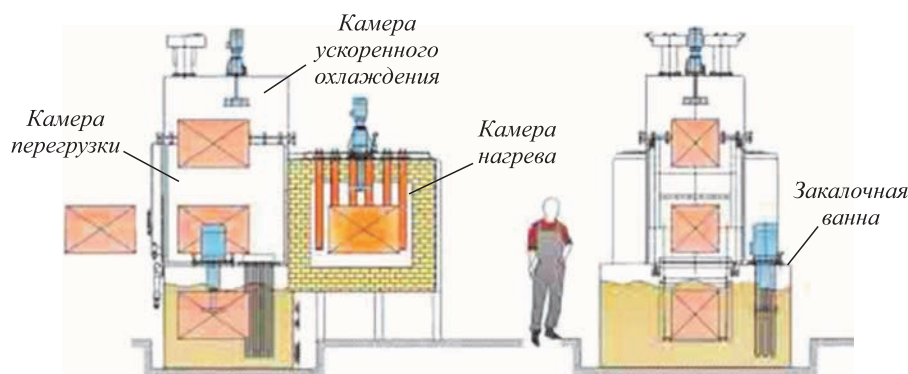
Количество оборудования и его расположение могут быть самыми разнообразными в зависимости от вида обрабатываемого инструмента и производительности отделения. Печи для отжига и закалки и ванны располагают в один или два ряда вдоль стен цеха. Камерные печи обслуживают передвижной загрузочной тележкой. Перед печами помещаются закалочные баки и селитровые ванны для ступенчатой закалки. Отпускные шахтные печи устанавливают на продолжении ряда закалочных печей или в другом ряду параллельно печам.

Современное оборудование для термической обработки характеризуется высокой степенью автоматизации и обеспечивает контроль режимов нагрева и охлаждения. На рисунке показан универсальный агрегат для закалки и химико-термической обработки СНЦ 6.9.6/9,5 [11].

Агрегат СНЦА 6.9.6/7 предназначен для термической обработки инструмента режимами закалки с нагревом в защитной атмосфере, отжига с ускоренным охлаждением в защитной атмосфере, цементации, нитроцементации, высокого и низкого отпуска.

Конструкция на базе камерных печей позволяет создавать максимально гибкую производственную систему термического участка и производить в полуавтоматическом режиме термическую обработку как изделий, изготавливаемых крупносерийно, так и единичных изделий в едином производственном цикле.

Встроенная закалочная ванна оборудована узлами подогрева и охлаждения закалочной жидкости. При закалке в масло садка на нижней площадке лифта опус-



Структурная схема универсальной печи СНЦ 6.9.6/9,5

Structural diagram of the universal furnace SNTs 6.9.6/9.5

кается в направленный ламинарный поток масла, создаваемый мешалкой и направляющими в ванне, что обеспечивает на деталях максимальную равномерность и качество закалки.

Для обеспечения высокой равномерности температуры и состава атмосферы под сводом печи установлен вентилятор из жаропрочной стали. Для создания контролируемой атмосферы в печь встроен специальный генератор печной атмосферы.

Углеродный потенциал атмосферы печи непрерывно измеряется и автоматически регулируется путем изменения состава атмосферы печи.

Таким образом, с помощью современного отечественного оборудования имеется возможность осуществления качественной термической обработки широкого спектра специальных сталей [12] с целью обеспечения требуемых механических свойств изделий.

Накопленный российскими учеными опыт показывает, что для конкретной практической реиндустриализации необходимо использовать, прежде всего, такие процессы, как импортозамещающий реинжиниринг [13], восстановление и модернизацию производства [14 – 19].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Glukhov L.M., Gorbatyuk S.M., Morozova I.G., Naumova M.G. Effective laser technology for making metal products and tools // Metallurgist. 2016. Vol. 60. No. 3. P. 306 – 312.
2. Gorbatyuk S.M., Kochanov A.V. Method and equipment for mechanically strengthening the surface of rolling-mill rolls // Metallurgist. 2012. Vol. 56. P. 279 – 283.
3. Gorbatyuk S.M., Morozova I.G., Naumova M.G. Color mark formation on a metal surface by a highly concentrated energy source // Metallurgist. 2016. Vol. 60. P. 646 – 650.
4. Gorbatyuk S.M., Osadchii V.A., Tuktarov E.Z. Calculation of the geometric parameters of rotary rolling by using the automated design system Autodesk Inventor // Metallurgist. 2011. Vol. 55. P. 543 – 546.
5. Позняк Л.А., Скрынченко Ю.М., Тишаев С.И. Штамповые стали. – М.: Металлургия, 1980. – 244 с.

6. Radyuk A.G., Gorbatyuk S.M., Gerasimova A.A. Use of electric arc metallization to recondition the working surfaces of the narrow walls of thick-walled slab molds // Metallurgist. 2011. Vol. 55. P. 419 – 423.
7. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. – М.: Металлургия, 1985. – 408 с.
8. Инструментальные стали: Справочник / Л.А. Позняк, Ю.М. Скрынченко и др. – М.: Металлургия, 1977. – 168 с.
9. Лахтина Ю.М., Рахштадт А.Г. Термическая обработка в машиностроении: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 496 с.
10. Бернштейн М.Л., Рахштадт А.Г. Металловедение и термическая обработка стали: Справочник. Т. 1. Методы испытаний и исследования. – М.: Металлургия, 1983. – 367 с.
11. Оборудование для термообработки ЗАО Накал – Промышленные печи. <http://www.nakal.ru/catalog/> (дата обращения 20.02.2016).
12. Чиченев Н.А., Ян Чжун Минь, Савченко В.С. Описание процесса лазерной закалки металлов на основе применения методов подобию и размерностей // Изв. вуз. Черная металлургия. 1995. № 7. С. 68 – 69.
13. Chichenev N.A. Import-replacing re-engineering of the drive of the rollers in the intermediate roller table of a continuous bloom caster // Metallurgist. 2015. Vol. 58. No. 9 – 10. P. 892 – 895.
14. Zakharov A.N., Gorbatyuk S.M., Borisevich V.G. Modernizing a press for making refractories // Metallurgist. 2008. Vol. 52. No. 7 – 8. P. 420 – 423.
15. Мажиринов Е.А., Чиченев Н.А., Задорожный В.Д. Модернизация конструкции блоков станинных роликов толстолистового стана 2800 ОАО «Уральская сталь» // Сталь. 2008. № 12. С. 106 – 108.
16. Alyushin Yu.A. Energy nature of centrifugal and Newtonian forces // International Journal of Mechanical Engineering and Automation (IJMEA). 2016. Vol. 3. No. 3. P. 121 – 127.
17. Крюков И.Ю., Наумова М.Г., Вдовин К.Н., Ларина Т.П. Разработка математической модели теплового состояния кристаллизующейся заготовки прямоугольного сечения в горизонтальной машине полунепрерывного литья // Фундаментальные исследования. 2016. № 10 (2). С. 306 – 311.
18. Gorbatyuk S.M., Shapoval A.A., Mos'pan D.V., Dragobetskii V.V. Production of periodic bars by vibrational drawing // Steel in Translation. 2016. Vol. 46. Issue 7. P. 474 – 478.
19. Bedolla-Jacuinde A., Guerra F.V., Rainforth M. etc. Sliding wear behavior of austempered ductile iron microalloyed with boron // Wear. 2015. Vol. 330 – 331. P. 23 – 31.

Поступила 23 ноября 2016 г.

DEVELOPMENT OF THE WORKING MODEL OF PRODUCTION REINDUSTRIALIZATION OF DIE STEEL HEAT TREATMENT

S.M. Gorbatyuk, I.G. Morozova, M.G. Naumova

National University of Science and Technology “MISIS” (MISIS),
Moscow, Russia

Abstract. The article considers the issues related to production reindustrialization using an example of creating a working model of engineering design of the current heat treatment of stamping tool from special steel. In the process of reindustrialization it requires restoring or modernizing the production facilities, lost or outdated during deindustrialization in the postindustrial period. The development is relevant because heat treatment is integral part of the most manufacturing and conditioning processes of different instruments. With the help of national modern equipment there are opportunities for high-quality heat treatment of wide range of special steels in order to ensure the required mechanical properties of products. All major groups of die steels are considered in terms of working properties: steels with increased wear resistance, re-hardened steels with high-resistance to crumbling, high impact steels, steels with medium heat resistance and higher viscosity, steels with increased heat resistance and higher viscosity, high heat resistance steels. The requirements to their properties and possible ways of obtaining these properties by different kinds of heat treatment were analyzed. Based on this analysis, by comparing of knowledge about precise use of die steels, required operation properties and possible ways of their obtaining with help of heat treatment, the modern equipment was selected to achieve the required results. There is a possibility for high-quality heat treatment of wide range of die steels with Russian modern equipment in order to ensure the required mechanical characteristics of products. Currently, it is important to create modern productions that combine the colossal accumulated scientific and production experience and modern advanced technologies and equipment. It's quite a difficult task both from a technical and economic perspective.

Keywords: reindustrialization, technical project creating, die steels, technical producing processes.

DOI: 10.17073/0368-0797-2017-5-410-415

REFERENCES

1. Glukhov L.M., Gorbatyuk S.M., Morozova I.G., Naumova M.G. Effective Laser Technology for Making Metal Products and Tools. *Metallurgist*. 2016, vol. 60, no. 3, pp. 306–312.
2. Gorbatyuk S.M., Kochanov A.V. Method and equipment for mechanically strengthening the surface of rolling-mill rolls. *Metallurgist*. 2012, vol. 56, pp. 279–283.
3. Gorbatyuk S.M., Morozova I.G., Naumova M.G. Color Mark Formation on a Metal Surface by a Highly Concentrated Energy Source. *Metallurgist*. 2016, vol. 60, pp. 646–650.
4. Gorbatyuk S.M., Osadchii V.A., Tuktarov E.Z. Calculation of the geometric parameters of rotary rolling by using the automated design system Autodesk Inventor. *Metallurgist*. 2011, vol. 55, pp. 543–546.
5. Poznyak L.A., Skrynchenko Yu.M., Tishaev S.I. *Shtampovye stali* [Die steels]. Moscow: Metallurgiya, 1980, 244 p. (In Russ.).
6. Radyuk A.G., Gorbatyuk S.M., Gerasimova A.A. Use of electric-arc metallization to recondition the working surfaces of the narrow walls of thick-walled slab molds. *Metallurgist*. 2011, vol. 55, pp. 419–423.
7. Gol'dshtein M.I., Grachev S.V., Veksler Yu.G. *Spetsial'nye stali* [Special steels]. Moscow: Metallurgiya, 1985, 408 p. (In Russ.).
8. Poznyak L.A., Skrynchenko Yu.M. etc. *Instrumental'nye stali. Spravochnik* [Tool steel. Directory]. Moscow: Metallurgiya, 1977, 168 p. (In Russ.).
9. Lakhtina Yu.M., Rakhshad A.G. *Termicheskaya obrabotka v mashinostroenii. Spravochnik* [Heat treatment in mechanical engineering. Directory]. Moscow: Mashinostroenie, 1982, 496 p. (In Russ.).
10. Bernshtein M.L., Rakhshadt A.G. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka stali. Spravochnik. T. 1. Metody ispytaniy i issledovaniya* [Metallography and heat treatment of steel: Directory. Vol. 1. Test methods and research]. Moscow: Metallurgiya, 1983, 367 p. (In Russ.).
11. *Oborudovanie dlya termoobrabotki ZAO Nakal – Promyshlennye pechi* [Heat treatment equipment of JSC “Nakal-Industrial furnaces”]. Available at URL: <http://www.nakal.ru/catalog/> (Accessed 20.02.2016) (In Russ.).
12. Chichenev N.A., Yan Chzhun Min', Savchenko V.S. Description of the process of laser quenching of metals based on the method of similarity and dimensions. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 1995, no. 7, pp. 68–69. (In Russ.).
13. Chichenev N.A. Import-replacing re-engineering of the drive of the rollers in the intermediate roller table of a continuous bloom caster. *Metallurgist*. 2015, vol. 58, no. 9-10, pp. 892–895.
14. Zakharov A.N., Gorbatyuk S.M., Borisevich V.G. Modernizing a press for making refractories. *Metallurgist*. 2008, vol. 52, no. 7-8, pp. 420–423.
15. Mazhirin E.A., Chichenev N.A., Zadorozhnyi V.D. Modernizing the track units of the 2800 thick-sheet mill at OAO Ural'skaya Stal. *Steel in Translation*. 2008, vol. 38, no. 12, pp. 1048–1050.
16. Alyushin Yu.A. Energy nature of centrifugal and Newtonian forces. *International Journal of Mechanical Engineering and Automation (IJMEA)*. 2016, vol. 3, no. 3, pp. 121–127.
17. Kryukov I.Yu., Naumova M.G., Vdovin K.N., Larina T.P. Development of a mathematical model of the thermal state of crystallizing billet of rectangular cross section in a horizontal semi-continuous casting machine. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2016, no. 10(2), pp. 306–311. (In Russ.).
18. Gorbatyuk S.M., Shapoval A.A., Mos'pan D.V., Dragobetskii V.V. Production of periodic bars by vibrational drawing. *Steel in Translation*. 2016, vol. 46, Issue 7, pp. 474–478.
19. Bedolla-Jacuinde A., Guerra F.V., Rainforth M. etc. Sliding wear behavior of austempered ductile iron microalloyed with boron. *Wear*. 2015, vol. 330-331, pp. 23–31.

Information about the authors:

S.M. Gorbatyuk, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Chair “Engineering of Technological Equipment”

I.G. Morozova, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair “Engineering of Technological Equipment”

M.G. Naumova, Senior Lecturer of the Chair “Engineering of Technological Equipment” (qwerty-rita@yandex.ru)

Received November 23, 2016