

УДК 621.791

Кошевой А. Д., Волков Д. А., Кошечая А. А., Голуб Д. М.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ И ГОРЯЧЕЙ ТВЕРДОСТИ
НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПРЕССОВОГО
ИНСТРУМЕНТА ГОРЯЧЕЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛА**

На стойкость штампового инструмента влияет множество различных факторов, которые приводят к интенсификации различных видов износа, проявляющихся в зависимости от преимущественного влияния одного или нескольких этих факторов.

Недостаточная стойкость прессового и штампового инструмента для горячей обработки металлов снижает эффективность его использования, так как ему приходится работать в очень тяжелых условиях. Рабочие втулки контейнеров и матрицы, а также другие детали, непосредственно соприкасаются с нагретым металлом и испытывают значительные механические нагрузки, поэтому их условия работы являются особенно тяжелыми.

В настоящее время для восстановления рабочих поверхностей прессового инструмента для горячей обработки металлов используется целый ряд порошковых проволок. Они обеспечивают в наплавленном металле составы сталей типа 5ХНМ, 5ХНВ, 5ХГС, 4ХСМФ (полутеплостойкие) и 3Х2В8Ф, 4Х2В5МФ, 4Х5В2ФС, 4Х3В3МФС (теплостойкие) и другие, либо указанные выше составы сталей используются в качестве основы для наплавки более легированными и теплостойкими сталями [1–4]. В то же время, как правило, все имеющиеся порошковые проволоки содержат в своем составе значительное количество дорогостоящих и дефицитных материалов, или по тем или иным свойствам не отвечают эксплуатационным требованиям.

Следовательно, разработка наплавочных материалов для восстановления рабочего инструмента прессового и штампового оборудования является актуальной задачей. Этот инструмент подвергается воздействию не только повышенных температур, но и повышенным механическим нагрузкам, поэтому к материалу, из которого он изготавливается, наряду с другими требованиями, предъявляются высокие требования к его теплостойкости и горячей твердости. Нами была разработана и исследована порошковая проволока, обеспечивающая получение в наплавленном слое стали 40Х12ГВ4ФТ, которая и предлагается для обработки металла в горячем состоянии.

Теплостойкость сталей в применении к материалам для инструмента горячего прессования характеризует их способность сохранять рабочую твердость при нагреве в процессе нормальной эксплуатации.

По общепринятым понятиям теплостойкость определяется максимальной температурой нагрева, при которой инструментальная сталь еще сохраняет требуемую твердость рабочей поверхности наплавленных деталей. Для инструмента горячей обработки металлов давлением условием удовлетворения требований по стойкости инструмента является то, что наплавленный металл в рабочем состоянии должен обладать повышенной твердостью (≥ 46 HRC) и достаточными прочностными свойствами.

Целью работы являлось определение влияния режима термической обработки наплавленного металла штампового инструмента типа 40Х12ГВ4ФТ на его горячую твердость и теплостойкость при нормативных условиях эксплуатации.

Для испытания на горячую твердость образцы изготавливались путем многослойной наплавки до диаметра 0,06 м на прутки диаметром 0,02 м, затем из полученных заготовок вырезались образцы толщиной 0,015 м перпендикулярно оси прутка. Производился полный цикл термообработки согласно режимов, указанных в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость структуры наплавленного металла типа 40X12ГВ4ФТ от температуры отпуска

Шифр термической обработки	Предварительная термообработка		Температура отпуска	Структура металла наплавки	Микротвердость структурных составляющих
	отжиг	закалка			
1	1 схема	1223	823	Троостито-мартенситная с включениями карбидов	4880–5010
2	1 схема	1223	873	Троостит с включениями карбидов	3190
3	1 схема	1223	923	Сорбит с включениями карбидов	2850–2540
4	1 схема	1223	973	Сорбит с включениями карбидов, мелкие участки феррита	2730
5	2 схема	1323	873	Мартенсит с включениями карбидов	5790
6	2 схема	1323	923	Сорбит с включениями карбидов	3190–2850
7	2 схема	1323	973	Сорбит, свободный феррит в стадии превращения	2850–2540

Образец для испытаний помещался в нагревательную камеру, установленную на приборе Роквелла. При этом планшайба прибора устанавливалась на эксцентрик, что позволяло смещать образец относительно индентора для получения нового отпечатка. Корпус печи к планшайбе крепился посредством кронштейнов.

Индентор запрессовывался в оправку, изготовленную из жаропрочного сплава. Для предохранения поверхности образца от окисления в полость печи подавался аргон. Полость печи прикрывалась крышкой, в разъем которой вводился индентор. Температура рабочего пространства контролировалась с помощью термопары, горячий спай которой помещали непосредственно на поверхности испытуемого образца.

Проведенные по данной методике исследования показали (рис. 1), что исследуемый металл сохраняет достаточно высокую горячую твердость при длительном пребывании в области рабочих температур 873...923 К, что также свидетельствует о пригодности металла разработанного состава для наплавки инструмента горячего прессования.

Для определения теплостойкости применялись те же образцы, что и для отработки режима термообработки. При этом было опробовано влияние четырех режимов закалки (1223, 1323, 1373, 1423 К) для разработанного состава наплавленного металла [5–7].

Отпуск закаленных образцов производился с выдержкой по 1 ч при температурах 773...1023 К. Для каждой температуры отпуска и каждой разновидности закалки было исследовано по 5 образцов. Замеры твердости производились в верхних слоях наплавки, где обеспечивается заданный состав.

Усредненные данные замеров твердости сталей при различных температурах отпуска, согласно режимов по табл. 1, приведены на рис. 2–4.

Как видно из приведенных зависимостей (рис. 2–4), наплавленный металл проявляет высокую твердость до температуры отпуска 923 К. На участке температур 473–823 К наблюдается некоторое увеличение твердости за счет дисперсионного твердения, а затем твердость несколько снижается и только после температуры 923 К начинается интенсивное падение твердости с увеличением температуры.

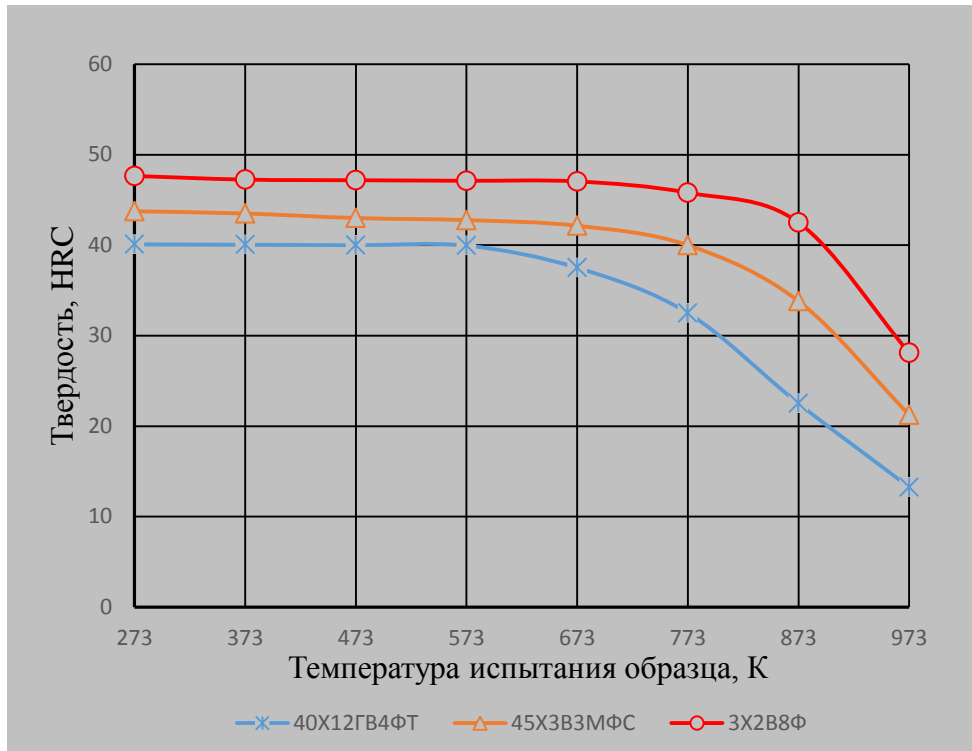


Рис. 1. Влияние температуры испытания на горячую твердость инструментальных сталей для горячей обработки металлов:
 ○ – 40X12ГВ4ФТ; Δ – 45Х3В3МФС; * – 3Х2В8Ф

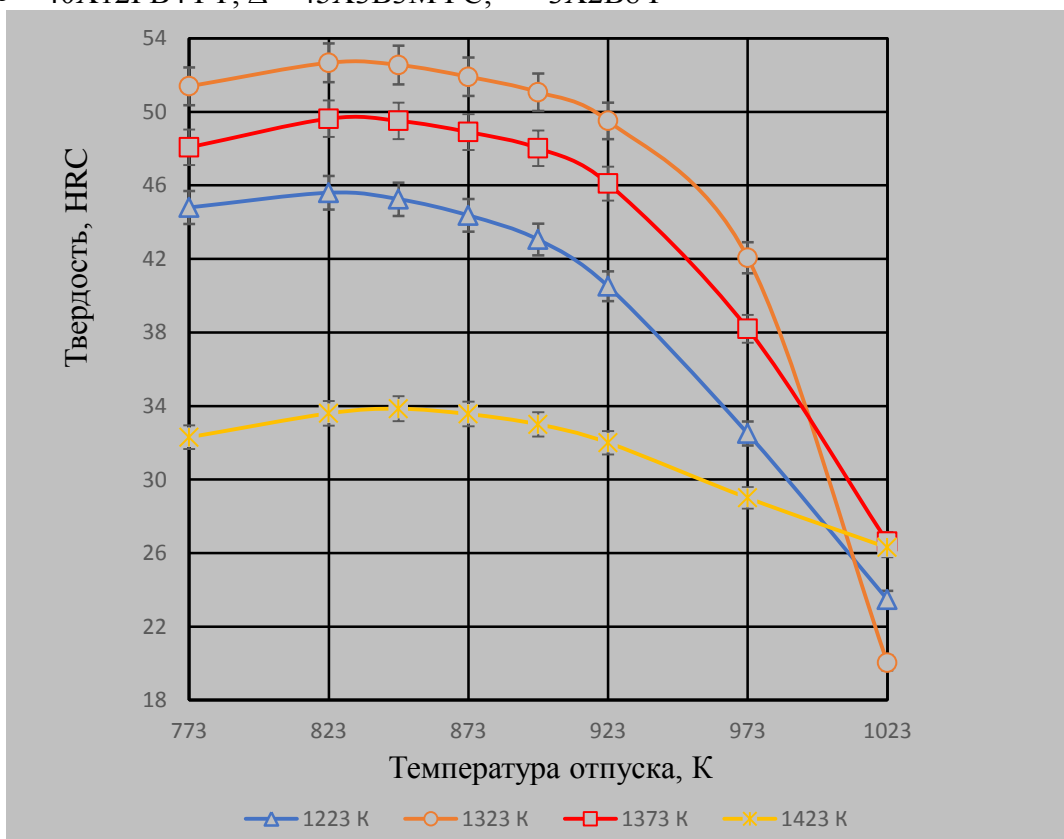


Рис. 2. Влияние температуры отпуска на твердость наплавленного металла типа 40X12ГВ4ФТ после отжига по первому режиму и закалки с температуры:
 Δ – 1223 К; ○ – 1323 К; □ – 1373 К; * – 1423 К

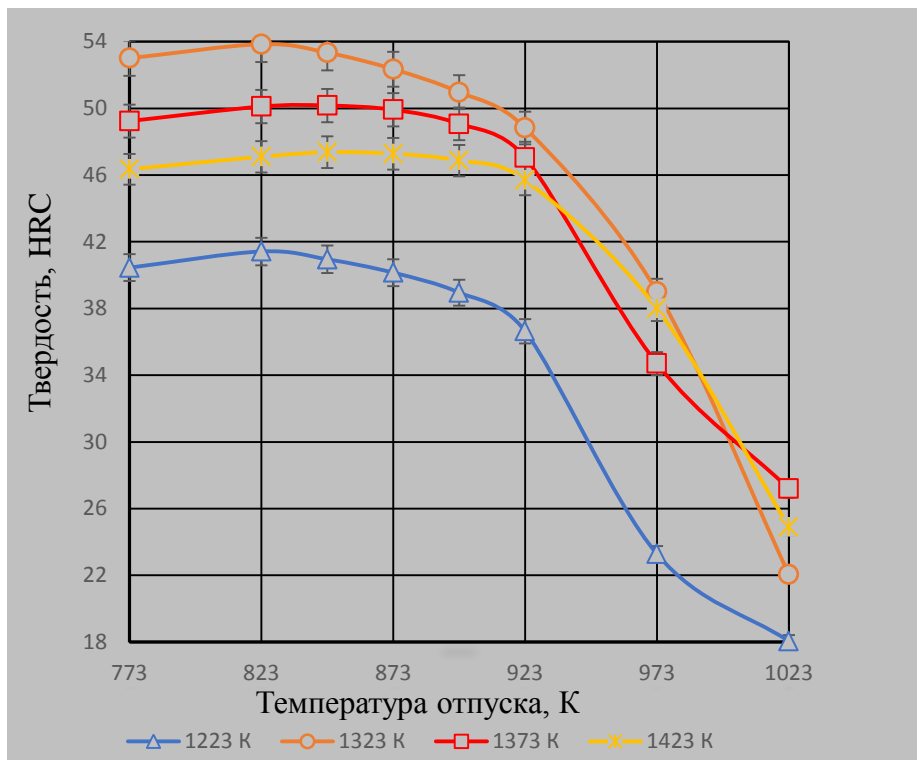


Рис. 3. Влияние температуры отпуска на твердость наплавленного металла типа 40X12GV4ФТ после отжига по второму режиму и заправки с температуры: Δ – 1223 К; ○ – 1323 К; □ – 1373 К; * – 1423 К

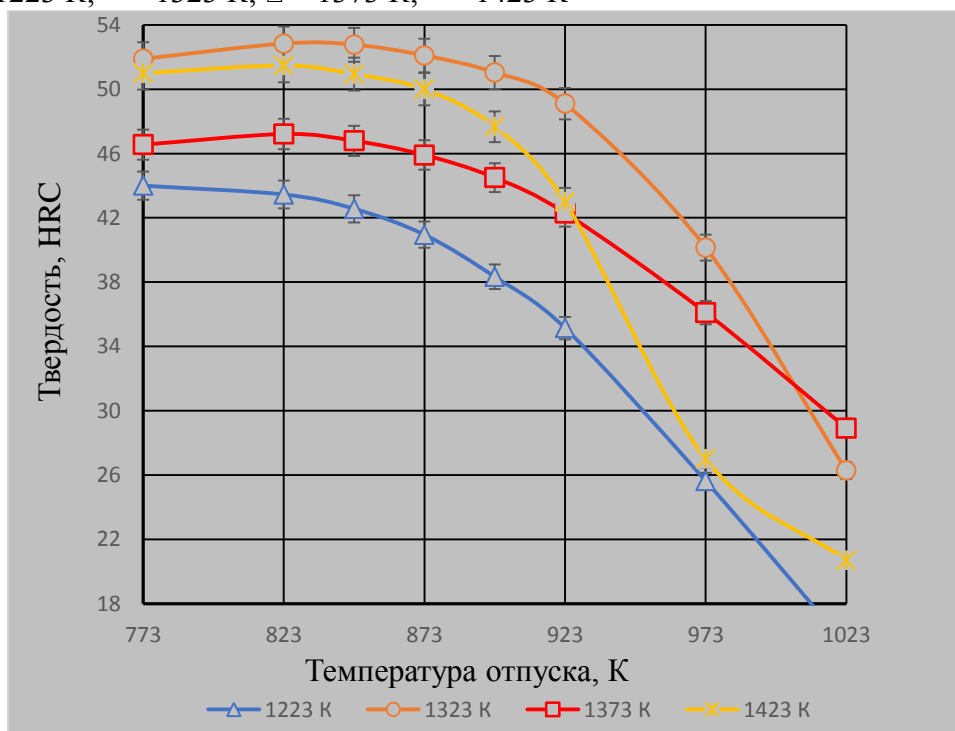


Рис. 4. Влияние температуры отпуска на твердость наплавленного металла типа 40X12GV4ФТ после отжига по третьему режиму и заправки с температуры: Δ – 1223 К; ○ – 1323 К; □ – 1373 К; * – 1423 К

Отпуск с температуры 873 К после отжига по второй схеме и закалки с температуры 1323 К в масле обеспечивает получение в наплавленном металле отпущенного мартенсита с включениями избыточных карбидов. Твердость наплавленного металла – 52 HRC (рис. 5, а)

В результате отпуска при температуре 923 К после той же предварительной термообработки, наплавленный металл имеет преимущественно структуру троостита отпуска (рис 5, б) с включениями карбидов, микротвердость при этом снижается до 3190 МПа.

Увеличение температуры отпуска до 973 К при прочих равных условиях, вызывает появление сорбита (рис.5, в) с микротвердостью 2850–2540 МПа. Из твердого раствора выделяется мелкозернистая фаза.

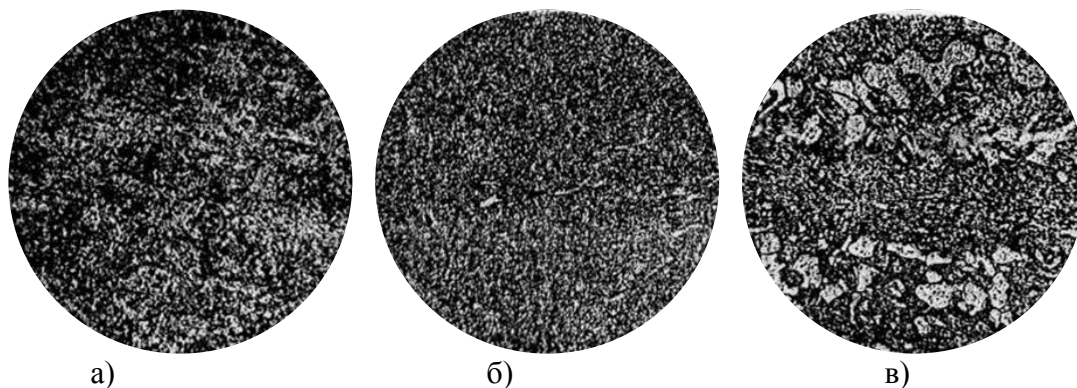


Рис. 5. Микроструктура наплавленного металла после отжига по второй схеме и закалки с температуры 1323 К с последующим отпуском при температуре: а) 873 К; б) 923 К; в) 973 К

Повышение температуры отпуска приводит к изменению структуры и снижению микротвердости фаз и общей твердости наплавленного металла (рис. 6). Также увеличение температуры отпуска оказывает отрицательное влияние и на горячую твердость испытываемой стали, которая при прочих равных условиях снижается на 6–13 HRC (рис. 2–4) в исследуемых пределах температур отпуска.

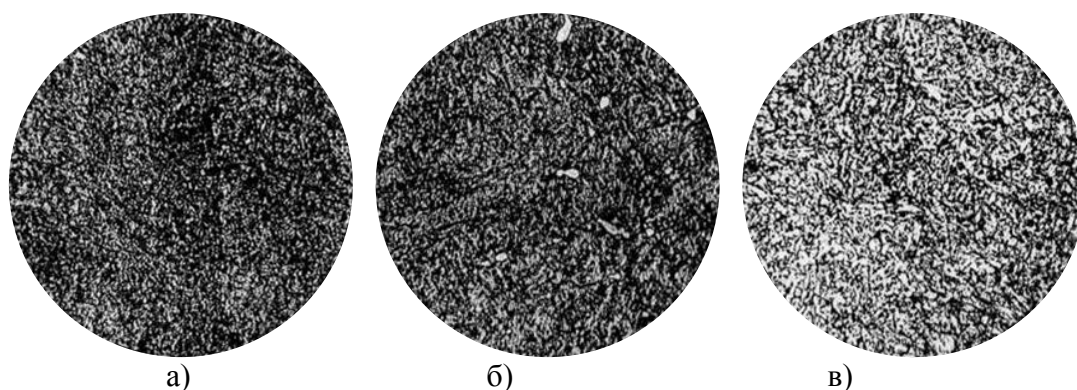


Рис. 6. Микроструктура наплавленного металла после отпуска при температуре 923 К: а) первый отжиг и закалка с 1223 К; б) первый отжиг и закалка с 1323 К; в) второй отжиг и закалка с 1223 К

Изменение режима отжига не влияет на структуру закаленного и отпущенного металла наплавки (рис. 6, в) и его микротвердость не изменяется и составляет 2850–2540 МПа.

Изменение температуры отжига и закалки также оказывает влияние на изменение структуры наплавленного металла при отпуске. С этой же целью были рассмотрены микроструктуры наплавленного металла с различным режимом отжига и закалки при температуре отпуска 923 К.

Повышение же температуры закалки с 1223 до 1323 К при прочих равных условиях изменяет структуру перлита с включениями карбидов (рис. 6, а) на сорбит с включениями карбидов и мелкими участками феррита в стадии превращения (рис. 6, б). Микротвердость перлита при этом сохраняется на уровне 2850 МПа.

Определение теплостойкости стали также показало преимущество второго режима отжига и закалки с температуры 1323 К.

В результате проведенных исследований установлено, что получение мелкодисперсного или сорбитообразного перлита в металле обеспечивается при отжиге в интервале температур 1143–1173 К в течение 3–6 ч. Для данного эксперимента нами были отобраны 2 варианта отжига, общим у которых является скорость нагрева (порядка 100 К/ч). По первому и второму выдержка производилась при температуре 1143 К в течение 3 ч. После выдержки по первому варианту образцы охлаждались со скоростью 30 К/ч до температуры 1003 К, при которой назначалась изотермическая выдержка продолжительностью 3 ч, а затем охлаждались вместе с печью. По второму варианту изотермическая выдержка не проводилась, т. е. образцы охлаждались с той же скоростью до 573 К, а затем охлаждение производили совместно с печью. Твердость отожженного наплавленного металла составляла 18–26 HRC.

В целом оптимальный состав наплавленного металла обеспечивает достаточно высокие механические свойства, которые при всех исследованных режимах термической обработки являются более высокими или аналогичными тем, которые обеспечиваются при наплавке современными наплавочными материалами.

ВЫВОДЫ

1. Исследуемый металл 40Х12ГВ4ФТ сохраняет высокую горячую твердость при длительном пребывании в области рабочих температур 873–923 К, что свидетельствует о пригодности разработанного состава для наплавки инструмента горячего прессования.
2. Сорбитная структура, свойственная другим режимам термообработки, характеризуется меньшей твердостью, что при более высокой ударной вязкости вызывает снижение износостойкости.
3. Трооститная структура металла проявляет хорошую износостойкость при меньшей ударной вязкости и разгаростойкости.
4. Наиболее полно удовлетворяет эксплуатационным свойствам наплавленный металл, подвергшийся термообработке с шифром 5. Он имеет мартенситную структуру с включениями равномерно распределенных карбидов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Походня И.К. Сварка порошковой проволокой / И.К. Походня, А.М. Суптель, В.Н. Шлепаков. – К.: Наукова думка, 1972. – 223 с.
2. Данильченко Б.В. Наплавка / Б.В. Данильченко. – К.: Наукова думка, 1983. – 73 с.
3. Кошевой А.Д. Напряженно-деформированное состояние рабочих втулок горизонтальных прессов после наплавки самозащитной порошковой проволокой / А.Д. Кошевой, В.М. Карпенко, В.А. Пресняков // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії: зб. наук, праць. – Краматорськ, 1999. – С. 287–291.
4. Кошевой А.Д. Повышение износостойкости рабочих поверхностей прессового инструмента / А.Д. Кошевой, В.А. Пресняков // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії: зб. наук, праць. – Краматорськ-Слов'янськ, 2000. – С. 473–476.
5. Кошевой А.Д. Динамика и характер износа рабочих втулок, контейнеров, горизонтальных гидравлических прессов / А.Д. Кошевой, В. А. Пресняков // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії: зб. наук, праць. – Краматорськ-Слов'янськ, 2001. – С. 80–82.
6. Бельский Е.Н. Стойкость кузнечных штампов. – Минск: Наука и техника. – 239 с.
7. Кошевой А.Д. Разработка оптимального режима термической обработки наплавленного инструмента для горячего прессования трубных заготовок / А.Д. Кошевой, Д.А. Волков, А.А. Кошечкина // Перспективные материалы, технологии и оборудование в литейном производстве. Материалы IV Международной научно-технической конференции. – Краматорск: ДГМА. – С. 128–129.