

УДК 621.785.532: 628.51

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ P6M5 И P6M3 НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ ЦИАНИРОВАНИЕМ

Н.А. Костин, Е.В. Трусова

Проведено экспериментальное исследование цианирования быстрорежущих вольфрамомолибденовых сталей P6M5, P6M3 и стали P18 в соляной ванне для цианирования деталей машин и режущего инструмента. Ванна, содержащая карбамид, углекислый натрий, хлористый натрий и едкий натр, обеспечивает экологическую безопасность технологического процесса и повышает эксплуатационную стойкость инструмента. Показано, что цианирование вольфрамомолибденовых сталей повышает их теплостойкость и стойкость до уровня традиционной стали P18, содержащей в своем составе в три раза больше очень дорогого и чрезвычайно дефицитного вольфрама. Данные исследования открывают возможность получения у вольфрамомолибденовых сталей P6M5 и P6M3 свойств, аналогичных свойствам стали P18, путем низкотемпературного насыщения поверхностных слоев азотом и углеродом.

Ключевые слова: низкотемпературное цианирование, быстрорежущие легированные стали, твердость, стойкость инструмента

Введение

Быстрорежущие стали являются самыми распространенными материалами для производства металлорежущего инструмента. В инструментальном производстве на долю быстрорежущих сталей приходится около 70% от всего объема выпускаемых инструментов, 20% – на твердые сплавы, 4% – на металлокерамику и 8% – на другие стали. Инструментами из быстрорежущих сталей удаляется ~ 80% металла от общей массы, снимаемой с заготовок при обработке деталей резанием [1].

Наиболее высокие свойства и высокую стойкость имеет традиционная быстрорежущая сталь P18, содержащая 18% вольфрама. Вольфрам в быстрорежущей стали обеспечивает необходимую красностойкость, так как при термообработке способствует образованию в ее структуре стойкого против коагуляции карбида $(W,Fe)_6C$, а также тройного интерметаллического соединения (с вольфрамом), стойко-

го при температурах до 580°C. С повышением содержания в стали вольфрама увеличивается количество первичных карбидов в структуре, при этом увеличивается твердость и износостойкость инструмента.

Однако, несмотря на названные выше уникальные свойства вольфрама, его использование для производства быстрорежущих сталей в последнее время неуклонно снижается ввиду его острого дефицита. Во всех индустриально развитых странах ведутся работы по снижению содержания вольфрама в сталях и по замене его другими, менее дефицитными элементами.

Одним из таких элементов – заменителей вольфрама – является молибден. Считается, что один процент молибдена, добавляемого в сталь, равноценен двум процентам вольфрама [2]. Молибденовые и особенно молибденово-вольфрамовые стали с пониженным содержанием вольфрама широко используются в США, Великобритании и других странах.

Однако влияние молибдена на технологические и эксплуатационные свойства быстрорежущих сталей не вполне аналогично влиянию вольфрама. Молибденовые стали имеют меньшую теплостойкость, так как карбиды молибдена легче переходят в твердый раствор при нагревании, чем карбиды вольфрама. Кроме того, стали с молибденом склонны к обезуглероживанию при термообработке и имеют еще ряд недостатков, которые обуславливают заметно меньшую стойкость инструмента по сравнению с чисто вольфрамовыми быстрорежущими сталями.

В настоящей работе приведены результаты исследования поверхностного упрочнения инструмента из вольфрамомолибденовых сталей Р6М5 и Р6М3 азотонауглероживанием в нетоксичной ванне на основе карбамида с целью повышения ее теплостойкости.

Методы исследования

Для цианирования используют твердые, жидкие и газообразные среды. В данном исследовании для азотонауглероживания режущего инструмента из быстрорежущей стали использовали нетоксичную и дешевую ванну на основе карбамида [3]. Оптимальный состав этой ванны (по критериям активности и жидкотекучести) следующий (% масс): 40% карбамида ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$); 40% углеродистого натрия Na_2CO_3 ; по 10% едкого натра NaOH и хлористого натрия NaCl .

Цианирование проводили при температуре 560°C (общепринятая температура карбонитрации в цианистых ваннах), длительность цианирования – 60 мин. Относительно большая выдержка образцов в цианирующем расплаве (традиционно она не превышает 30 мин) была принята для того, чтобы полностью сформировалась упрочняющая карбонитридная структура диффузионных слоев [4].

В качестве образцов использовали готовые инструменты (сверла и метчики) из названных сталей.

Для определения эффективности низкоуглеродистой обработки быстрорежущих сталей в ванне карбамида в эксперименте были использованы металлографический и рентгеноструктурный анализы, измерение микротвердости и определение теплостойкости.

Микроструктуру цианированных инструментов исследовали с помощью металлографического микроскопа МИМ–8 при различ-

ных увеличениях, при этом микрошлифы для лучшего выявления карбонитридных включений подвергали многократному травлению в 4%-ом растворе азотистой кислоты в этаноле с полировкой. Рентгеноструктурный анализ проводили съемкой дифрактограмм цианированных поверхностей образцов на дифрактомере ДРОН–3 в кобальтовом излучении, расшифровку дифрактограмм – по стандартной методике [5].

Распределение микротвердости по сечению диффузионных слоев цианированных сталей исследовали на поперечных шлифах на микрометре МПТ–3 со 100-граммовой нагрузкой на шток нагружаемого механизма. Теплостойкость цианированных слоев быстрорежущих сталей определяли измерением твердости образцов после длительного (8 часов) отпуска при различных температурах (от 500 до 720°C). Отпуск производили в соляных ваннах (силитровых и хлористых) для исключения обезуглероживания, измерение твердости после отпуска проводили на твердомере ТП–2 («Виккерс») с нагрузкой 10 кгс. По снижению твердости цианированных образцов после отпуска оценивали их стойкость против нагрева (теплостойкость).

Результаты исследования

Металлографический анализ цианированных образцов показал, что на всех исследованных сталях образовались диффузионные слои глубиной 40...45 мкм, структура которых представлена мелкими карбонитридами в матрице из азотистого твердого раствора (рис. 1).

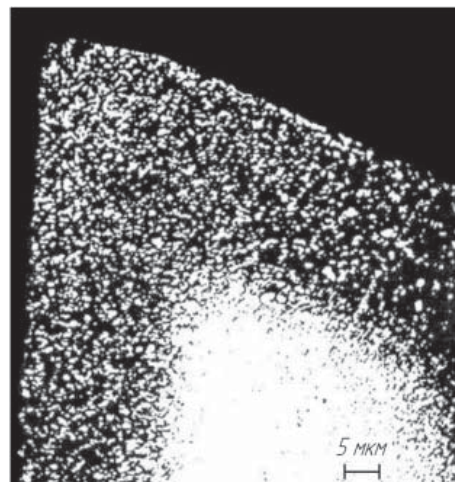


Рис. 1. Микроструктура цианированного слоя метчика из стали Р6М5 при температуре цианирования 560°C и длительности в 60 мин

Карбонитридные включения, присутствующие в структуре диффузионных слоев быстрорежущих сталей, представлены в основном ε -фазой и γ' -фазой, изоморфными с соответствующими нитридами. В металлическую часть этих карбонитридов входят элементы, присутствующие в этих сталях, и железо – основа стали. Надо отметить, что состав карбонитридов практически не зависит от степени легирования сталей.

Распределение микротвердости по сечению диффузионных слоев цианированных быстрорежущих сталей при температуре цианирования 560°C и длительности в 60 мин представ-

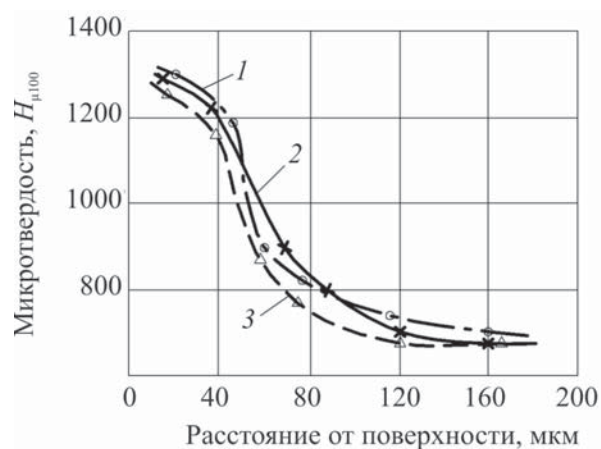


Рис. 2. Распределение микротвердости по глубине цианированных слоев быстрорежущих сталей:

1 – P18; 2 – P6M5; 3 – P6M3;
4 – P18 без цианирования (эталон)

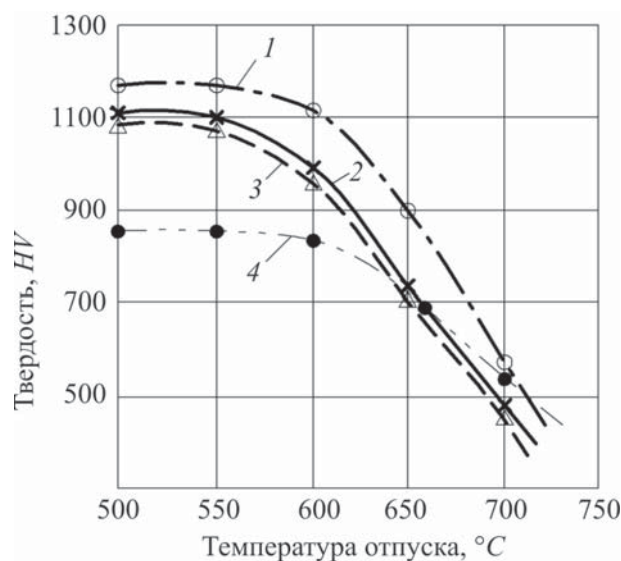


Рис. 3. Твердость цианированных быстрорежущих сталей:

1 – P18; 2 – P6M5; 3 – P6M3;
4 – P18 без цианирования (эталон)

лено на рис. 2, а уменьшение твердости при тех же параметрах – на рис. 3.

Как можно видеть из результатов исследования, цианирование быстрорежущих сталей приводит к сближению их свойств. Так, кривые распределения микротвердости по сечению слоев сталей P18, P6M5 и P6M3 практически идентичны. Это свидетельствует о том, что режущая способность инструмента из этих сталей почти одинакова. Что касается теплоустойчивости, то эта характеристика у цианированных сталей P6M5 и P6M3 несколько ниже, чем у цианированной высоковольфрамовой стали P18 (600°C). С другой стороны, цианирование вольфрамомолибденовых сталей обеспечивает им теплоустойчивость в 1,3–1,5 раз выше, чем для стали P18 без цианирования.

Стойкость цианированных инструментов проверялась в производственных условиях путем испытания метчиков при нарезании резьбы в чугунном блоке из чугуна СЧ 21 на резьбонарезном станке. Метчики использовались для нарезания резьбы М10С1,5 при скорости резания 2,31 м/мин и подаче 1,5 мм/об без охлаждения. Результаты испытаний представлены на рис. 4.

Как видно из рис. 4, цианирование быстрорежущих сталей в карбонитридной соляной ванне весьма эффективно для повышения их стойкости. При этом разница в стойкости инструментов из стали P18 и более дешевых сталей P6M5 и P6M3 в результате цианирования сводится к минимуму.

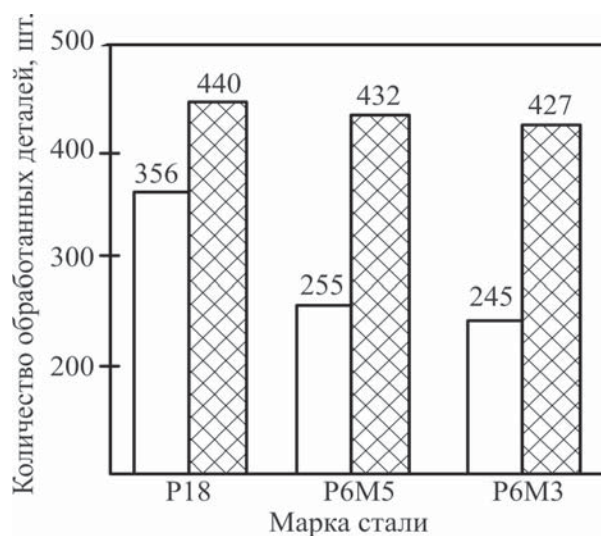


Рис. 4. Стойкость метчиков из быстрорежущих сталей:

□ – без цианирования; ▨ – после цианирования

Заключение

Исходя из приведенных результатов испытаний можно сделать вывод, что насыщающий состав ванн для цианирования на основе карбамида, углекислого натрия, едкого натра и хлористого натрия эффективен для поверхностного упрочнения, повышения теплостойкости быстрорежущих сталей P5M5 и P6M3.

С экономической точки зрения применение вольфрамомолибденовых сталей P5M5 и P6M3 вместо более дорогой классической быстрорежущей стали P18 является выгодным. В перспективе предложенный метод повышения качества и износостойкости при изготовлении инструмента и различных тяжело нагруженных деталей машин даст возможность более широкого применения его в машиностроении и инструментальной промышленности.

Список литературы:

1. Шевчук С.А. Материалы для станкостроения и технологического формирования их

эксплуатационных свойств // СТИН. 1996. № 2. С. 23–26.

2. Гудремон Э. Специальные стали. Т1. – М.: Металлургия, 1966. – 1269 с.
3. Заявка на изобретение № 2013156397/02 (087911) Состав ванны для цианирования металлов и сплавов в жидких средах (РФ) // ФГБОУ ВПО КГУ – патентообладатель; авторы: Н.А. Костин, Е.В. Трусова, В.И. Колмыков, 2013 г.
4. Колмыков В.И., Росляков И.Н. Низкотемпературное цианирование конструкционных сталей с использованием бесцианистых соляных ванн // Упрочняющие технологии и покрытия. 2009. № 7. С. 27–29.
5. Миркин Л.Н. Рентгеноструктурный контроль машиностроительных материалов: Справочник. – М.: Машиностроение, 1979. – 134 с.

Материал поступил в редакцию 10.09.14

КОСТИН
Николай Анатольевич

E-mail: nikolay-kostin@yandex.ru
Тел.: 8 (910) 311-10-98

Кандидат технических наук, доцент Курского государственного университета.
Сфера научных интересов: ресурсосберегающие и упрочняющие технологии.
Автор 37 публикаций.

ТРУСОВА
Елена Валентиновна

E-mail: ev.trusova@yandex.ru
Тел.: 8 (904) 528-99-19

Кандидат технических наук, доцент Курского государственного университета.
Сфера научных интересов: ресурсосберегающие и упрочняющие технологии.
Автор 20 публикаций.