

УДК 621.785.532: 628.51

# ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ Р6М5 И Р6М3 НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ ЦИАНИРОВАНИЕМ

**Н.А. Костин, Е.В. Трусова**

*Проведено экспериментальное исследование цианирования быстрорежущих вольфрамомолибденовых сталей Р6М5, Р6М3 и стали Р18 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 Р18, содержащей в своем составе в три раза больше очень дорогого и чрезвычайно дефицитного вольфрама. Данные исследования открывают возможность получения у вольфрамомолибденовых сталей Р6М5 и Р6М3 свойств, аналогичных свойствам стали Р18, 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 Р18, 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  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; по 10% едкого натра  $\text{NaOH}$  и хлористого натрия  $\text{NaCl}$ .

Цианирование проводили при температуре  $560^\circ\text{C}$  (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  $720^\circ\text{C}$ ). 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).

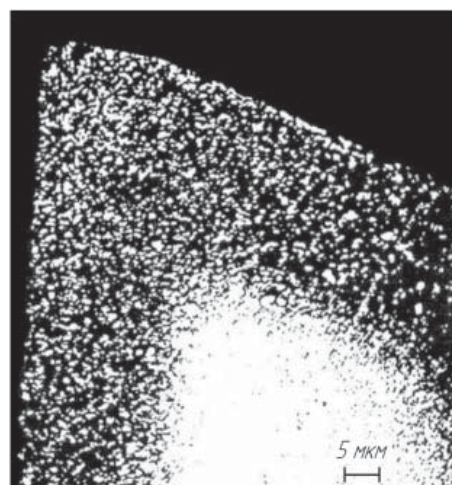


Рис. 1. Микроструктура цианированного слоя метчика из стали Р6М5 при температуре цианирования  $560^\circ\text{C}$  и длительности в 60 мин

Карбонитридные включения, присутствующие в структуре диффузионных слоев быстрорежущих сталей, представлены в основном  $\varepsilon$ -фазой и  $\gamma'$ -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-

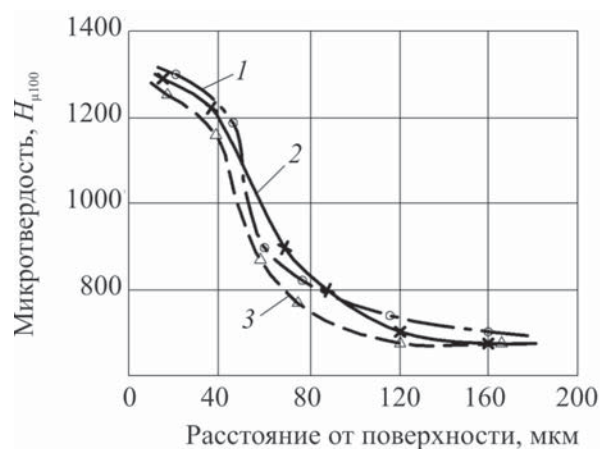


Рис. 2. Распределение микротвердости по глубине цианированных слоев быстрорежущих сталей:

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

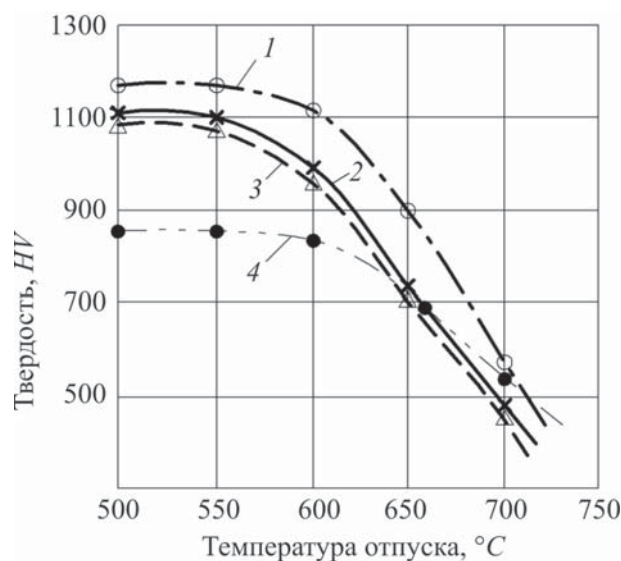


Рис. 3. Твердость цианированных быстрорежущих сталей:

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.

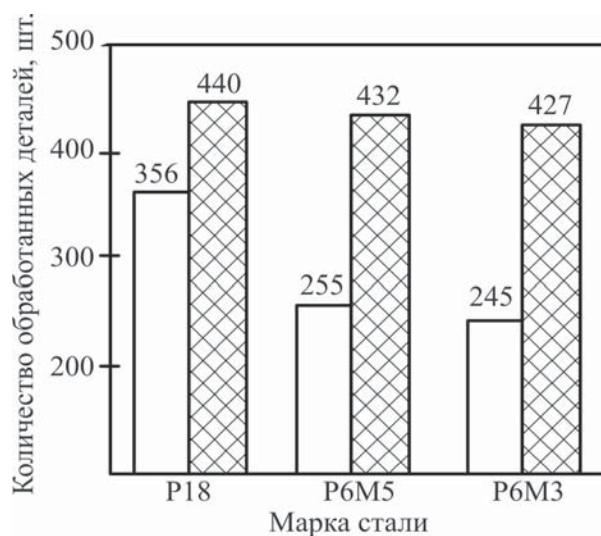


Рис. 4. Стойкость метчиков из быстрорежущих сталей:

□ – без цианирования; ▨ – после цианирования