



# ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ КАРБОНИТРИДНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

## INCREASE OF WEAR RESISTANCE OF THE TOOL FROM FAST-CUTTING STEEL WITH CARBONITRID OVERLAY

Prof. dr. Doroshenko R., Prof. assist. dr. Holodovs B.,  
Prof. assist. Primanis E., Prof. assist. dr. Torims T.  
Riga Technical University, Latvia  
E-mail: mat@rtu.lv

**Abstract:** *In the paper the question of drawing on a surface of the tool from fast-cutting steel with carbonitrid overlay is considered, allowing to increase wear resistance of the tool. The lead experimental work has revealed, that carbonitrid overlay allow to raise stability of the tool 1,8..3,5 times and, accordingly, removes the charge tungsten comprising fast-cutting steels.*

**Keywords:** CUTTING TOOL, CARBONITRID OVERLAY, CHEMICAL MEDIUM, STABILITY OF TOOLS

### 1. Введение

Одной из высокораспространенных инструментальных сталей является сталь HS6-5-2 (DIN 1600). Она применяется для всех размеров режущих инструментов, таких как сверла, протяжки, зенкера, развертки, метчики, плашки и т.п., а также разнообразные фрезы, в том числе для обработки зубчатых колес.

Повышение стойкости инструмента [1] является основной задачей производства инструмента. Стойкость инструмента может быть повышена следующим образом:

1. Заточкой инструмента.
2. Термообработкой инструмента.
3. Износостойкими покрытиями инструмента.

В настоящей работе рассматривается повышение износостойкости быстрорежущего инструмента карбонитридными покрытиями [2]. Физико-механические свойства таких покрытий представляют собой интерес для инструментального производства:

- высокая микротвердость;
- равномерность покрытия;
- повышенная износостойкость;
- повышенная теплостойкость.

Это приводит к уменьшению расхода инструмента из вольфрамсодержащих быстрорежущих сталей. В настоящее время в промышленности распространены процессы нанесения карбонитридных покрытий в расплавах солей или в газовых средах. Эти способы имеют некоторые недостатки. Одни способы являются вредными для здоровья и требуют высокой квалификации термиста, а другие требуют сложного и громоздкого оборудования. В работе рассмотрен процесс карбонитрации, основанный на насыщении поверхности режущего инструмента частицами из реакционной среды, образующейся при разложении порошка.

Для того, чтобы была возможность обрабатывать инструмент, прошедший все стадии механической и термической обработки, и чтобы не было поводов, был избран низкотемпературный процесс, проходящий при температуре ниже температуры  $\alpha$ - $\gamma$  превращения в системе железоуглерода [3]. Поэтому в сталях не происходит распада мартенсита и не возникает внутренних напряжений, могущих привести к поводам и увеличению хрупкости.

### 2. Экспериментальные исследования

Эксперимент проводился в камерной лабораторной электропечи с установленной в ней реакционной герметизированной камерой. Исходя из необходимого химического взаимодействия металла с реакционной средой

было выбрано средство образования необходимого покрытия. Для того, чтобы на поверхности образовались карбидные, нитридные и карбонитридные фазы металлов, в состав насыщающей среды должны входить компоненты, содержащие углерод и азот, необходимые для диффузии в металл. Такими компонентами могут являться  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$ , получающиеся при разложении аммония щавелевокислого  $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Средством для образования реакционной среды был выбран порошок соли щавелевокислого аммония. Экспериментальным путем было выявлено, что необходимый по составу слой образуется при герметизации контейнера огнеупорной глиной и нет необходимости в создании сложной герметичной системы.

В качестве исходного материала для создания реакционной среды был выбран аммоний щавелевокислый ( $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Он обладает рядом существенных признаков, необходимых для решения поставленной задачи:

- в процессе эндотермической реакции образуются необходимые для насыщения компоненты  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$ , а углерод (C) и азот (N) из них диффундируют в металл, образуя карбонитриды железа;
- продукты его распада безвредны для здоровья человека.

Для осуществления карбонитрации к режущему инструменту предъявляются следующие требования. Он должен пройти все стадии механической и термической обработки, а также стадию заточки. Твердость инструмента должна быть не ниже HRC 62, так как толщина покрытия только несколько микрометров и при меньшей твердости инструмента, несмотря на высокую твердость покрытия, возможно смятие его в результате действия сил резания.

Перед проведением карбонитрации поверхность инструмента обезжиривается химическим путем. Если инструмент был оксидирован, то оксидная пленка удаляется механически, так как любое покрытие поверхности инструмента затрудняет процесс диффундирования. После этого инструмент с насыщающей средой загружается в контейнер и контейнер герметизируется.

Температура карбонитрации выбиралась исходя из следующих условий. Так как обработке подвергается инструмент, прошедший термообработку, то для того, чтобы твердость основы не менялась, была выбрана низкотемпературная карбонитрация. Температура  $\alpha$ - $\gamma$  перехода для стали P6M5 и P6M5K5 560..580°C (высокий отпуск), поэтому обработка велась при температурах ниже этой точки. Но известно, что скорость диффузии прямо пропорциональна температуре, поэтому была выбрана температура, максимально приближенная к температуре

высокого отпуска. Все экспериментальные работы проводились при температуре  $540 \pm 10^\circ\text{C}$ .

Несмотря на то, что карбонитрация происходит без превращения мартенсита в аустенит, тем не менее в структуре закаленного металла имеется остаточный аустенит, и для того, чтобы свести к минимуму его влияние на твердость инструмента, после проведения карбонитрации инструмент подвергался обработке холодом (погружение в жидкий азот). При понижении температуры до  $-193^\circ\text{C}$  практически весь аустенит переходит в мартенситную фазу твердого раствора Fe-C.

Время выдержки инструмента и реакционной среды в печи непосредственно связано с количеством насыщающей среды, с тем, чтобы весь объем среды прореагировал с поверхностью металла. Экспериментальным путем была определена оптимальная толщина покрытия и, соответственно, длительность выдержки.

### 3. Результаты исследований

Зависимости толщины покрытия от времени насыщения и стойкости инструмента в зависимости от толщины покрытия приведены на рис. 1 и рис. 2. Измерения для построения кривых на рис. 1 проводились трехкратно. Параболический характер кривой зависимости толщины покрытия от времени насыщения подтверждает диффузионный характер процессов при формировании покрытия.

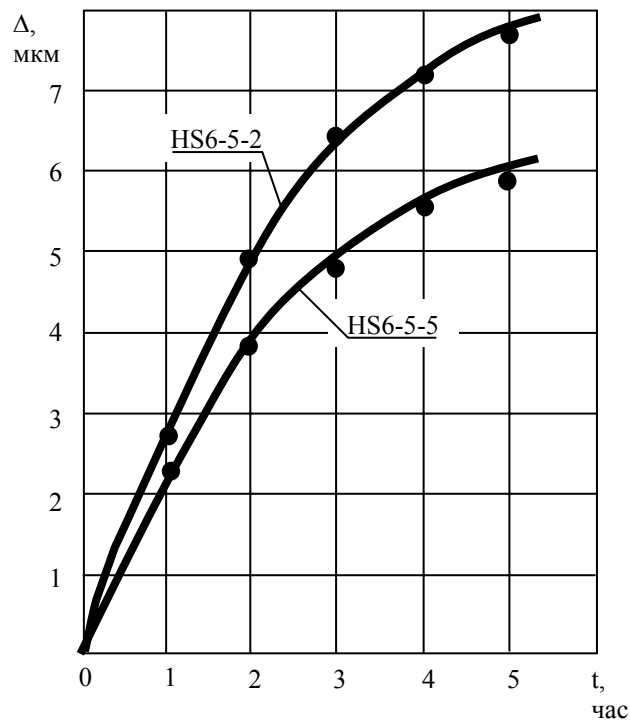


Рис. 1. Зависимость толщины покрытия от длительности выдержки.

Зависимости стойкости инструмента от толщины покрытия проводились на фрезе из стали HS6-5-2 диаметром 18 мм для обработки стали 95X18 и метчиках M5 из той же стали для обработки стали 3. Испытывались по 5 образцов каждого вида на станках с ЧПУ.

Как показали стойкостные испытания, толщина покрытия 3..5 мкм достаточна для реального повышения стойкости и дальнейшее ее увеличение практически не повышает износостойкость инструмента, в то время как длительность процесса существенно возрастает.

Таким образом, исходя из повышения стойкости инструмента и длительности процесса была выбрана оптимальная толщина покрытия 3..5 мкм и, соответственно, время выдержки 2..3 часа.

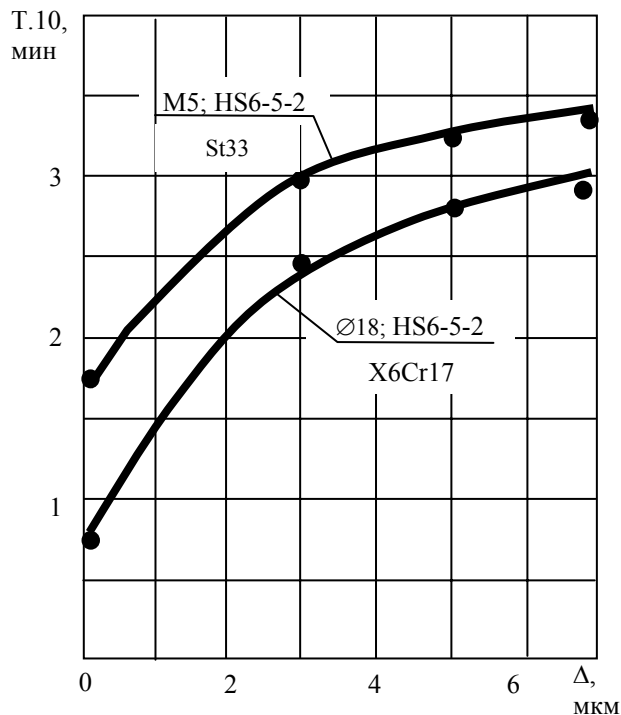


Рис. 2. Зависимость стойкости инструмента от толщины карбонитридного слоя.

Таблица 1

Сравнительные данные стойкости инструмента из быстрорежущей стали без покрытия и с карбонитрированным покрытием

№ п/п	Вид инструмента	Обрабатываемый материал	Кол-во деталей		K = T <sub>к</sub> /T <sub>о</sub>
			T <sub>о</sub>	T <sub>к</sub>	
1	Сверло Ø10	Сталь С45Е	16	81	5,06
2	Метчик М14	20MnCrTi5	16	54	3,38
3	Плашка М14	42Cr4	60	136	2,27
4	Развертка Ø7	55Cr3	30	55	1,83
5	Фреза трехст.	X12CrNiTi 18-10	140	320	2,29

После нанесения карбонитридных покрытий на инструменты из быстрорежущей стали были проведены сравнительные стойкостные испытания, представленные в таблице 1 (обозначения: T<sub>о</sub> - стойкость без покрытия; T<sub>к</sub> - стойкость с покрытием; K - коэффициент увеличения стойкости). Условия обработки без покрытия и с покрытием были идентичны.

### 4. Заключение

Испытания показали повышение стойкости инструмента из быстрорежущей стали с карбонитридными покрытиями. На основании испытаний можно сделать вывод, что повышение стойкости карбонитрированного инструмента более значительно при обработке труднообрабатываемых сплавов. Наибольший эффект увеличения стойкости достигается при обработке легированных сталей.

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Стойкость быстрорежущего инструмента повышается, в среднем, в 1,8..3,5 раз по сравнению с инструментом в состоянии поставки.
2. Толщина покрытия 3..5 мкм достаточна для эффективного увеличения стойкости.
3. Оптимальные параметры процесса
  - температура  $540\pm 10^{\circ}\text{C}$ ;
  - продолжительность 2..3 часа.
4. Технологический процесс безвреден, не требует дополнительных мероприятий по технике безопасности по сравнению с существующими на термических участках инструментальных цехов.
5. Процесс отличается простотой, может быть осуществлен рабочими-термистами любой квалификации на существующих термических участках инструментальных цехов.
6. Оборудование для осуществления процесса – шахтные или камерные печи любой модели.
7. Основной компонент, образующий покрытие – аммоний щавелевокислый – недефицитный материал.
8. Поскольку разработанный технологический процесс нанесения покрытий на быстрорежущий инструмент является универсальным и рентабельным даже для условий единичного производства, его следует рекомендовать к внедрению.

### ***Литература***

1. Л. Е. Гессер, С. Р. Сагитова, Л. С. Либерман. Влияние карбонитрации на стойкость режущего инструмента. “Материаловедение и термическая обработка металлов”, №6. - 1982. - 23-25 с.
2. С. А. Маркова, Т. И. Чочаева, А. Н. Кулаков. Исследование быстрорежущей стали после карбонитрации. “Металловедение и термическая обработка металлов”, №2. - 1982. - 85-87 с.
3. M. Barthel, W. Mogilowski, H. Rottbacher, M. Scheurmann, E. Wiens. Friedrih. Tabellenbuch Metall - und Maschinentehnik. - Bonn: Ferd Dümmler<sup>s</sup> Verlag, 1999. - 472 S.

В работе рассмотрен вопрос нанесения на поверхность инструмента из быстрорежущих сталей карбонитридных покрытий, позволяющих увеличить износостойкость инструмента. Проведенная экспериментальная работа выявила, что карбонитридные покрытия позволяют повысить стойкость инструмента в 1,8..3,5 раза и, соответственно, снижает расход вольфрамосодержащих быстрорежущих сталей.