

УДК С21Д1/45

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

<sup>1</sup>Исламкулов К.М., <sup>2</sup>Смагулов Д.У., <sup>3</sup>Сейтжанов К.С., <sup>4</sup>Хаджиев А.Х.

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, Шымкент,  
e-mail: kairat058@mail.ru

<sup>2</sup>Казахский национальный технический университет им. К. Сатпаева, Алматы,  
e-mail: smagulov061@mail.ru

<sup>3</sup>Инновационно-технологический колледж, Шымкент, e-mail intk@mail.ru

<sup>4</sup>Узбекский научно-исследовательский институт механизации и электрофикации, Янги-Юль

В данной работе разработана новая технология повышения прочности и износостойкости металлорежущих инструментов, заключающаяся в предварительной электротермоциклической обработке (ЭТЦО) с последующей ионно-плазменной обработкой (ИПО).

**Ключевые слова:** прочность, износостойкость, адгезия, красностойкость, твердость, долговечность.

## INCREASING OF STRENGTH AND WEAR RESISTANCE OF METAL CUTTING TOOLS

<sup>1</sup>Islamkulov K.M., <sup>2</sup>Smagulov D.U., <sup>3</sup>Seitjanov K.S., <sup>4</sup>Chadjiev A.X.

<sup>1</sup>The South Kazakhstan state university named after M. Auezova, Shymkent, e-mail: kairat058@mail.ru

<sup>2</sup>The Kazakh national technical university named after K. Satpayev, Almata, e-mail: smagulov06@mail.ru

<sup>3</sup>The Innovative-technological college, Shymkent, e-mail: intk@mail.ru

<sup>4</sup>The Uzbek scientific-research institute of mechanisation and electrofication, Yangi-Uyl

In this paper a new technology of increasing the strength and wear resistance of metal-cutting tools, consisting in preliminary of elektro-termo-cyclical processing (ETCP) followed by ion-plasma treatment (IPP) is developed.

**Keywords:** strength, wear resistance, red hardness, firmness, durability.

### Введение

Металлорежущие инструменты выходят из строя вследствие износа режущих кромок.

Научно-исследовательские работы по улучшению долговечности, зачастую приводили к повышению отдельных свойств металлорежущих инструментов при ухудшении других, так, например, с повышением износостойкости и прочности повышается хрупкость [1]. Повышение прочности, износостойкости, теплостойкости с сохранением запаса пластичности металлорежущих инструментов **является актуальной проблемой.**

Для повышения срока службы (долговечности) металлорежущих инструментов, работающих в условиях адгезионного и диффузионного изнашивания, в последнее время широкое распространение получил метод ионно-плазменной обработки [2]. Износостойкость инструментов при этом обеспечивается карбонитридными покрытиями небольшой толщины (5-10мкм). Но, как показали результаты промышленных испытаний, происходит отслаивание напыленного слоя от основного слоя металла из-за низкой адгезии [3].

**Цель исследования:** повышение прочности, износостойкости металлорежущих инструментов.

**Задачи исследования:** разработать технологические параметры способа повышения долговечности металлорежущих инструментов.

**Материалы:** сверла, дисковые фрезы и пилы из инструментальных сталей Р6М5, ХВГ, 5ХНМ, У10.

**Методы исследования:** металлографический анализ, определение твердости, красностойкости, адгезии и износостойкости.

### Результаты исследования

К основным факторам, определяющим работоспособность рабочей поверхности металлорежущего инструмента с покрытием, относятся:

- структура материала основы;
- сопротивление тепловому удару и деформация покрытия;
- степень сцепления покрытия с основой металла (адгезия);
- материал покрытия.

В результате комплексного исследования разработан новый способ обработки металлорежущих инструментов, подтвержденные авторским свидетельством и инновационным патентом [3, 4].

С целью измельчения зерен поверхностного слоя металлорежущего инструмента, и, как следствие, повышения конструкционной прочности, а также увеличения адгезии была проведена предварительная электротермоциклическая обработка (ЭТЦО) металлорежущих инструментов.

Этот способ заключается в электроннагреве со скоростью 50°С/с до температуры полной аустенизации (850°С), охлаждении на воздухе до температуры 420-450°С, что составляет один цикл обработки. Этот процесс повторяли трехкратно и после последнего цикла нагрева, т.е. с 820-850°С проведена закалка в масле. Отпуск инструмента после закалки не производился, так как операция отпуска совмещалась с ионно-плазменной обработкой (ИПО).

После ЭТЦО металлорежущие инструменты (сверла из Стали Р6М5) подвергались ионно-плазменной обработке (ИПО) на установке ИЭТ-8И-2 типа «Булат».

Нагрев изделий производился при достижении вакуума  $7 \cdot 10^{-3}$  Па в рабочей камере установки и при подаче высокого напряжения (1200-1300В) на электродуговые испарители (пушки). Температура изделия контролировалась с помощью оптического пирометра.

С целью уменьшения диффузионного изнашивания металлорежущего инструмента при эксплуатации и учитывая, что изделие может работать в ударно-прерывистом режиме, производили на него многослойное покрытие. Для формирования прочного износостойкого покрытия в вакуумную камеру «Булат» подается плазмообразующий газ (азот). Он, реагируя с распыленным матери-

алом катода (Ti. Al), образует упрочняющее покрытие в виде нитридов алюминия и нитридов титана. В начале на поверхность инструмента осаждают покрытие из нитридов алюминия при давлении плазмообразующего газа  $4 \cdot 10^{-1}$  Па. Температура нагрева изделия 250-300°С, время напыления 15 мин, толщина покрытия 5-6 мкм. На сформированный слой из нитрида алюминия, осаждают нитрид титана при температуре нагрева инструмента 400-450°С. Давление плазмообразующего газа при этом составляет  $5 \cdot 10^{-3}$  Па, время осаждения 15-20 мин, толщина покрытия 10-12 мкм. Напыленный слой из нитридов алюминия, обладая меньшей твердостью, препятствует выкрашиванию твердого нитридтитанового слоя в условиях вибрации и ударных нагрузок на металлорежущий инструмент, так как более мягкие слои деформируются и допускают тем самым некоторый прогиб твердого слоя из нитридов титана [5].

Время осаждения покрытия колебалось от 30-45 мин, температура нагрева изделий от 200 до 600°С при этом толщина покрытия составила от 4 до 18 мкм при твердости слоя от 1800 до 3200HV.

При времени осаждения покрытия менее 30 мин, показатели твердости довольно низки, а при увеличении времени напыления более 45 мин твердость существенно не изменяется, хотя толщина покрытия увеличивается и достигают 25 мкм. Отсюда следует, что оптимальное время осаждения покрытия не более 30 мин при температуре 400-450°С. Полученные результаты ИПО изделия приведены в таблице 1.

**Таблица 1**

Технологические параметры ИПО сверла из Стали Р6М5 (время обработки 30 мин)

№№ п/п	Температура изделий в процессе напыления, °С	Высокое напряжение, В	Опорное напряжение, В	Толщина напыленного слоя, мкм	Твердость, HV	Износостойкость
1	200	400	60	4,0	1800	2,12
2	250	500	70	4,5	1950	2,25
3	300	600	90	5,5	2150	2,83
4	350	700	120	8,0	2450	3,07
5	400	800	150	10,0	3100	3,74
6	450	860	180	11,4	3250	3,83
7	500	900	200	12,0	2600	2,72
8	550	950	220	14,2	2250	2,61
9	600	1000	250	16,5	2150	2,43
10	650	1040	260	18,3	1900	2,25
11	700	1100	270	19,5	1800	2,08

Металлографические исследования образцов из Стали Р6М5, прошедшие обработку по базовой технологии (закалка током высокой частоты ТВЧ, плюс отпуск при 150-200°C), а также подвергнутые предварительной ЭТЦО, позволили выявить следующие существенные отличия: структура поверхностного слоя стали при электрозакалке состоит из крупноиглочатого мартенсита и карбидов, соответствующих элементов; одноразовый нагрев при высокой скорости и незначительная выдержка приводит к не завершению диффузионных процессов, и как следствие, образующийся аустенит не однороден по содержанию углерода и в процессе закалки образуются кристаллы мартенсита в микрообъемах с пониженной концентрацией углерода раньше и более грубой форме. Такая структура приводит к неравномерной твердости поверхности изделия и снижению износостойкости.

Структура поверхности стали после предварительной ЭТЦО более дисперсна, чем при электрозакалке и достигается в результате:

- образования более однородного твердого раствора (аустенита) по углероду;
- фазовой рекристаллизации при неоднородном нагреве и охлаждении;
- перераспределения в аустените растворенных различных примесей.

При ЭТЦО происходит термоклев, т.е. при неоднократном нагреве и охлаждении разные структурные составляющие стали, обладая различными теплопроводностью, теплоемкостью и прочностными свойствами, подвергаются микропластическому деформированию. Термоклев ускоряет процесс формирования мелкозернистой структуры.

Сформировавшаяся дисперсная структура при ЭТЦО дополнительно обеспечивает более равномерную твердость и конструкционную прочность изделия, а также способствует повышению адгезии напыленного слоя с поверхностью металлорежущего инструмента при последующей после ЭТЦО ионно-плазменной обработке (ИПО) в следствии искусственного увеличения границ зерен на поверхности основного изделия.

Для получения сравнительных данных одна партия сверл из стали Р6М5 подвергалась электрозакалке ТВЦ плюс низкотемпературный отпуск, другая партия сверл подвергалась однослойному покрытию из нитридов титана методом ионно-плазменного напыления, третья партия сверл подвергалась обработке по новой (предлагаемой) технологии ЭТЦО +ИПО.

Результаты испытания влияния известных способов и нового метода повышения износостойкости металлорежущего инструмента на физико-механические свойства приведены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-механические свойства изделий,  
подвергнутые различным режимам обработки

Инструмент, материал	Режим упрочняющей обработки	Глубина упрочненного слоя, мкм	Физико-механические свойства				
			Твердость HRC (HV)	Красн-ть °С при HRC 58	Адгезион. способность, Н	Износостойкость, мин	Долговеч. коэф. повышения стойкости
Сверло Р6М5	1. Закалка + низкотемпературн. отпуск (известный способ)	1-2 мм	58	500	-	23	1,0
	2. Ионно-плазменное напыление (известный способ)	10-15 мкм	(1850)	550	1100	36	1,3
	3. ЭТЦО +ИПО (предлагаемый способ)	15-18 мкм	(3200)	750	2000	120	4.5

Красностойкость выявляли после нагрева при различных температурах в течение четырех часов путем измерения твердости по Роквеллу и при условии  $HRC \geq 58$ .

Адгезионную способность определяли по нагрузке, при которой происходит отслаивание покрытия.

Износостойкость сверла определяли при сверлении прямоугольной плитки толщиной 30 мм из Стали 45. Режим сверления для всех случаев обработки сверл оставался постоянным, а именно: скорость резания - 37,6м/мин, число оборотов - 1200об/мин, подача - 5мм.

### Выводы

1. Базовые технологии упрочнения и повышения износостойкости металлорежущих инструментов не приводят к увеличению долговечности из-за неравномерной твердости в поверхностных слоях.

2. В результате изучения взаимосвязи структурных изменений в исследуемых изделиях с механическими свойствами, предложен новый способ упрочняющей обработки металлорежущих инструментов, заключающийся в сочетании электротермоциклической обработки (ЭТЦО) с последующей ионно-плазменной обработкой (ИПО). Новый способ защищен авторским свидетельством №74446, 2011г и инновационным патентом Республики Казахстан №25865,

2012г. «Способ обработки металлорежущих инструментов».

3. Предварительная ЭТЦО обеспечивает получение мелкозернистой структуры, повышает прочность и твердость поверхностных слоев основного металла, улучшает адгезию.

4. Последующая ИПО обеспечивает формирование износостойких слоев из нитридов титана и нитридов алюминия на поверхности инструмента, которая, обладая теплопроводностью, снижает температуру рабочей поверхности инструмента при его эксплуатации, и как следствие, уменьшает диффузионное изнашивание, что приводит к повышению долговечности металлорежущего инструмента в 3-4 раза.

### Список литературы

1. Верещака А.С., Табаков В.П., Вахминцев В.П., Твердосплавные инструменты с нитридтитановыми покрытиями // Станки и инструменты. – 1976. – №6. – С. 18-22.
2. Бродянский А.П. и др. Упрочнение инструмента на установке «Булат» // Технология и организация производства. – Киев: УкрНИИИТИ, – 1977. – №2. – С.54-55.
3. Исламкулов К.М., Колмыкпаев Б.К. Способ обработки металлорежущих инструментов. Авторское свидетельство Республики Казахстан – №74446. – 2011.
4. Исламкулов К.М., Колмыкпаев Б.К. Способ обработки металлорежущих инструментов. Инновационный патент Республики Казахстан. – №25865. – Бюл №7. – 2012.
5. Исламкулов К.М., Колмыкпаев Б.К. Повышение долговечности металлообрабатывающих инструментов: сб. науч. тр. Днепродзержинского государственного технического университета. – Днепродзержинск. – 2008. – Вып. 1 (9). – С. 83-86.