

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИИ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 9.035  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

### International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2021 Issue: 11 Volume: 103

Published: 10.11.2021 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



**Bakhtier Teshaeovich Mardonov**

Navoi State Mining Institute

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of  
the Department of «Engineering Technology», Uzbekistan

**Zhamshid Ravshanovich Ravshanov**

Navoi State Mining Institute

Senior Lecturer of the Department of  
«Engineering Technology», Uzbekistan

## RESEARCH OF KINEMATICS OF CHANGE OF SECONDARY CONTACT STRUCTURES OF WORKING SURFACES OF TOOTH- CUTTING TOOLS

**Abstract:** The article presents the results of a study of the dislocation densities of a cutting tool made of high-speed steel grade P6M5, its parameters of hardening of secondary structures on contacting surfaces when processing a part made of steel 40X, as well as the results of X-ray structural and tribotechnical analysis, the results of X-ray diffraction analysis of the working surfaces of a cutter made of P6M5 during turning stainless steel and heat-resistant cast iron.

**Key words:** Reliability, wear resistance, stability, dislocation density, accuracy, running-in, structure, cutting tool, deformation.

**Language:** Russian

**Citation:** Mardonov, B. T., & Ravshanov, Zh. R. (2021). Research of kinematics of change of secondary contact structures of working surfaces of tooth-cutting tools. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 11 (103), 410-413.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-11-103-36> **Doi:** <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2021.11.103.36>

**Scopus ASCC:** 2200.

### ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ КОНТАКТНЫХ СТРУКТУР РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБОРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА ИНСТРУМЕНТА

**Аннотация:** В статье приводятся результаты исследования плотностей дислокаций режущего инструмента из быстрорежущей стали марки P6M5, его параметры упрочнения вторичных структур на контактируемых поверхностях при обработке детали из стали 40X, а также результаты рентгеноструктурного и триботехнического анализа, результаты рентгеноструктурного анализа рабочих поверхностей реза из P6M5 при точении нержавеющей стали и жаропрочного чугуна.

**Ключевые слова:** Надёжность, износостойкость, стабильность, плотность дислокации, точность, приработка, структура, режущий инструмент, деформация.

#### Введение

В процессе трения меняется качество поверхностного слоя материала, и его исходное состояние не определяет взаимодействие тел на всех стадиях его развития. Само деформационное состояние является причиной энерго- и массопереноса. Неоднородное поле напряжений вызывает в кристалле перемещение примесных

атомов из зоны сжимающих напряжений в зону растягивающих, а также движение вакансий в обратном направлении. В результате возникает неоднородное распределение концентраций, стабилизирующее исходную неоднородную деформацию. Структурно-энергетическая стабилизация в рамках одного кристалла осуществляется за счет диффузионных

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 9.035  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

механизмов, инициированных деформацией, и определяется потоками различного рода дефектов кристаллического строения. С повышением температуры растёт частота тепловых флуктуаций за счёт которого происходит перемещение дефектов кристаллического строения в определённых условиях эксплуатации.

Влияние степени пластической деформации на приращение упрочнения и повышение химического потенциала поверхностной структуры инструмента можно в первом приближении оценить следующим образом. Между плотностью дислокаций и степенью пластической деформации имеется прямая зависимость, описываемая выражением Ван-Гюрера [90]

$$\rho = 10^8 \cdot \sqrt[3]{\rho_0 \varepsilon} \quad (1)$$

где  $\rho_0$  – начальная плотность дислокаций;  $\varepsilon$  – степень пластической деформации.

Величину приращения прочности при деформационном упрочнении можно оценить по формуле

$$\Delta\sigma \approx 0,5Gb\sqrt{\rho} \quad (2)$$

с учетом (1) выражение (2) примет вид

$$\Delta\sigma \approx 5 \cdot 10^3 Gb\rho_0^{1/6} \varepsilon^{1/2} \quad (3)$$

Увеличение химического потенциала связано с повышением плотности дислокаций зависимостью

$$\Delta\mu = \frac{Gb^2\rho}{4\pi(1-\nu)\gamma} \cdot \ln\left(\frac{1}{b\sqrt{\rho}}\right) \quad (4)$$

или с учетом (1)

$$\Delta\mu = \frac{C\rho_0^{1/3}\varepsilon}{\gamma}, \quad (5)$$

где

$$C = \frac{10^8 G}{4\pi(1-\nu)} \cdot \ln\left(\frac{1}{b\sqrt{\rho}}\right) \approx (3,36...3,73) \cdot 10^8 \text{ Па}$$

В таблице 1. указаны выражения плотностей дислокаций режущего инструмента из быстрорежущей стали марки P6M5, его параметры упрочнения вторичных структур на контактируемых поверхностях при обработке

детали из стали 40X, которое термообрабатывается до различной твердости. Кристаллографическая плоскость  $(220)_\alpha$  является чувствительной ко всем структурным изменениям тем не менее, рентгеноструктурным методом, по физическому уширению интерференционной линии кристаллографической плоскости  $(110)_\alpha$  определяется плотность дислокаций [59 На рентгенограмме, после проведения стандартной закалки, а также трехкратного отпуска структура мартенситная быстрорежущей стали P6M5, при высоком фоне, выдавала слабый пик  $(220)_\alpha$ . Исследование рентгенограммы практически не показало пик  $(220)_\alpha$  во вторичных поверхностных структурах полученных в процессе обработки резанием.

Скорость изнашивания металлорежущего инструмента при обработке резанием стали 45 со скоростью резания  $V = 1,0$  м/с. показано в таблице 1. Сам факт повышения плотности дислокаций подтверждает деформационное упрочнение при контактом взаимодействии режущего инструмента с обрабатываемой поверхностью материала. Фактически, если первоначальная структура обладало плотностью дислокации  $\rho = 9,88 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$  и при обработке резанием стали с твердостью HRC 29 практически осталось неизменной ( $\rho = 10,08 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ ), то при обработке резанием данной стали, термообработанной до HRC 39...40, величина плотности дислокации достигается максимума, записанный в данной серии проводившихся экспериментов  $\rho = 22,05 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$

Изучая полученные результаты, которые приведены в таблице 1., можно отметить, что одна и та же плотность дислокаций поверхностных структур режущего инструмента, образованная при обработке различающихся друг от друга по твердости материалов, могут быть разными по износостойкости. Попытаемся подробнее разобраться с этим. Постараемся конкретнее разобраться с этим. Можно отметить два конкурирующих между собой фактора с помощью которых определяется плотность дислокаций вторичных структур: степенью пластической деформации поверхностных слоев, которое определяется сопряжением фрикционных нагрузок со скоростью скольжения, и температурой контактного взаимодействия. Одну и ту же плотность дислокаций можно получить

<b>Impact Factor:</b>	<b>ISRA (India) = 6.317</b>	<b>SIS (USA) = 0.912</b>	<b>ICV (Poland) = 6.630</b>
	<b>ISI (Dubai, UAE) = 1.582</b>	<b>ПИИЦ (Russia) = 3.939</b>	<b>PIF (India) = 1.940</b>
	<b>GIF (Australia) = 0.564</b>	<b>ESJI (KZ) = 9.035</b>	<b>IBI (India) = 4.260</b>
	<b>JIF = 1.500</b>	<b>SJIF (Morocco) = 7.184</b>	<b>OAJI (USA) = 0.350</b>

**Таблица 1. Результаты рентгеноструктурного и триботехнического анализа контактных поверхностей резов из P6M5 при точении стали 40X**

Твердость стали 40X HRC	Скорость резания V, м/с	Плотность дислокаций $\rho \cdot 10^{11}$ , см <sup>-2</sup>	Приращение химического потенциала $\Delta\mu$ , Дж/см <sup>3</sup>	Приращение упрочнения $\Delta\sigma$ , ГПа	Скорость изнашивания J, мм/мин
29	0,58	10,08	21,64	1,29	0,044
31...32	0,38	14,79	30,10	1,58	0,023
36...37	0,06	12,40	26,20	1,41	0,05
36...37	0,08	12,90	26,64	1,47	0,034
36...37	0,10	14,44	39,60	1,83	0,021
36...37	0,12	22,05	42,34	2,1	0,015
36...37	0,18	22,05	42,34	2,1	0,032
39...40	0,05	22,05	42,34	2,1	0,015
В состоянии поставки	1,0	9,88			

за счет нескольких комбинаций имеющихся факторов. Соответственно, структуры, которые обладают одинаковыми плотностями дислокаций, в зависимости от соотношений деформационного упрочняющего и температурного разупрочняющего факторов, могут различаться термической или механической устойчивостью. Можно утверждать, что дислокационные структуры, образованные при значительной высокой контактной температуре, будут иметь повышенной температурной устойчивостью. При механической обработке материалов обладающих высокой твердостью контактные силовые нагрузки и температура принимают относительно высокие значения, следовательно, мы можем предположить, что вторичная структура рабочих поверхностей режущего инструмента, образованная в этих условиях, будет характеризоваться высокой плотностью дислокаций, устойчивой к тепловым и силовым воздействиям. Такая структура должна обладать и повышенной износостойкостью.

К тому же нужно учитывать, при исследовании изнашивания металлорежущего инструмента, контактная структура, полученная процессом приработочного резания, при её дальнейшей эксплуатации на более высоких режимах резания подвергается дополнительной трансформации. Данный процесс всё время сопровождается снижением упрочнения и деградацией дислокационных структур, следовательно главным стабилизирующим фактором является их термическая устойчивость.

Термическую устойчивость дислокаций можно повысить путем их блокирования ноль-мерными дефектами кристаллического строения, образующими вокруг них облака Сузуки и

Котрелла. Из целого спектра легирующих элементов состоит инструментальные стали, в том числе и быстрорежущие, которые могут содействовать к блокировке дислокационных структур [8]. Процесс скопления термически неизменяемых дислокаций при структурной приспособляемости режущего инструмента возможно сравнить созданию упрочненных структур при неоднократной механотермической обработке резанием, когда вследствие пластической деструкции случается наведение дислокаций разной степени стойкости, а вслед за тем в итоге теплового влияния параллельно проходит процесс удаления легкоподвижных термически неуравновешенных линейных недостатков кристаллического строения. Интенсивность роста плотности дислокаций будет выше, чем больше степень пластической деформации. Таким образом можно будет ожидать и большую концентрацию устойчивых дефектов кристаллического строения. В этом случае, при обработке резанием более твердых материалов на контактных поверхностях металлорежущего инструмента развиваются более устойчивые дислокации. Подтверждением этому могут служить результаты рентгеноструктурных исследований контактных слоев инструмента при точении жаропрочных и труднообрабатываемых материалов, представленных в таблице 2.

В качестве труднообрабатываемых материалов использовались нержавеющая сталь 12X18H10T, а жаропрочного – модифицированный высокохромистый чугун ЧХ34. Износостойкость вторичной структуры оценивалась по скорости изнашивания инструмента при точении стали 45 на  $V = 1,0$  м/мин.

<b>Impact Factor:</b>	ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

**Таблица 2. Результаты рентгеноструктурного анализа рабочих поверхностей реза из Р6М5 при точении нержавеющей стали и жаропрочного чугуна**

Обрабатываемый материал	Скорость резания V, м/с	Плотность дислокаций $\rho \cdot 10^{11}$ , см <sup>-2</sup>	Приращение химического потенциала $\Delta\mu$ , Дж/см <sup>3</sup>	Приращение упрочнения $\Delta\sigma$ , ГПа	Скорость изнашивания J, мм/мин
12X18H10T	0,05	19,2	39,40	1,77	0,021
	0,08	12,83	26,64	1,47	0,035
	0,10	19,60	40,22	1,79	0,012
	0,133	20,14	41,33	1,82	0,016
	0,166	11,29	45,75	1,92	0,008
	0,2	24,96	51,22	2,028	0,0122
	0,25	13,91	28,55	1,53	0,037
ЧХ34	0,03	15,91	32,09	1,62	0,004

Из таблицы 2. видно, что плотности дислокаций вторичных структур, сформированные на различных режимах, могут отличаться незначительно, в то время как износостойкость - более чем в три раза. Тем не менее, общая тенденция повышения

износостойкости поверхностной структуры инструмента с повышением плотности дислокаций проявляется достаточно наглядно.

#### References:

- Mardonov, B.T., & Ravshanov, J.R. (2021). Investigation of Deformation-Thermal Processes in the Structural Adaptability of the Tool. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 8, Issue 9, September 2021.
- Mardonov, B.T., & Ravshanov, Zh.R. (2021). *Isledovanie mikrotverdosti v kontaktnom sloe chervjachnoj frezy*. Tezisy doklada IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, sostojavshejsja 27 sentjabrja 2021g. v g. Petrozavodske. (p.27).
- Zhumaev, A.A., Ravshanov, Zh.R., & Isaev, D.T. (2017). Rol' deformacionno-termicheskikh processov v strukturnoj prisposoblivaemosti rezhushhego instrumenty. *Materialy Nauchnom zhurnale «Vestnik magistratury»*, tom 6-5 (69), - Rossija, Respublika Marij Jel, Joshkar-Ola, p. 43.
- Askinazi, B.M. (1989). *Uprochnenie i vosstanovlenie detalej mashin jelektromehaničeskoj obrabotkoj*. Z.e izd. Pererab. i dop. (p.200). Moscow: Mashinostroenie.
- Garkunov, D.N. (1985). *Tribotehnika*. (p.424). Moscow: Mashinostroenie.
- Balter, M.A. (1978). *Uprochnenie detalej mashin*. 2-e izd. Pererab. i dop. (p.184). Moscow: Mashinostroenie.
- Vereshhaka, A.S., & Tret'jakov, I.P. (1986). *Rezhushhie instrumenty s iznosostojkimi pokrytijami*. (p.192). Moscow: Mashinostroenie.
- Granovskij, G.I., & Granovskij, V.G. (1985). *Rezanie metallov*. (p.304). Moscow: Vysshaja shkola.
- Zorev, N.N., & Fetisova, Z.M. (1996). *Obrabotka rezaniem tugoplavkih splavov*. (p.266). Moscow: Mashinostroenie.
- Kim, V.A., & Jakubov, F.Ja. (1979). *Vlijanie tverdosti na tribotehničeskie svojstva rezhushhego instrumenta*. Tezisy doklada VII Vsesouznogo simpoziuma po mehanojemissii i mehanohimii tverdyh tel. (p.130,131). Tashkent.
- Kim, V.A., & Jakubov, F.Ja. (1981). Gipoteza termodinamicheskogo mehanizma iznosa. *Sb. «Tehnologija progressivnoj mehanicheskoj obrabotki i sborki»*, Vypusk №323, Tashkent, pp.25-34.
- Klepikov, V.V. (2011). *Opređenje zhestkosti uprugoj tehnologičeskoj sistemy tokarnyh i frezernyh stankov statičeskim i proizvodstvennym metodami* [Tekst]. (p.35). Moscow: MGIU.