

## ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ

УДК 621.914

*Э.Р. ВАНИЕВ*, канд. техн. наук,  
*Э.Ш. ДЖЕМИЛОВ*, канд. техн. наук,  
*А.И. АЛИЕВ*, канд. техн. наук,  
*Э.Л. БЕКИРОВ*, Симферополь, Украина

### ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ПРИРАБОТКИ НА СТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ СТАЛИ 12X18H10T С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СОТС

Наведені результати досліджень впливу режимів зміцнюючого припрацювання на стійкість інструменту при фрезеруванні сталі 12X18H10T. Розглянуті режими припрацювання, що забезпечують найбільшу стійкість інструменту при сухій обробці та з використанням І-20А, МР-99, рапсового та касторового мастил. Показана перевага рослинних мастил в порівнянні з іншими середовищами при фрезеруванні вказаної сталі.

**Ключові слова:** режими зміцнюючого припрацювання, стійкість інструменту

Приведены результаты исследований влияния режимов упрочняющей обработки на стойкость инструмента при фрезеровании стали 12X18H10T. Рассмотрены режимы приработки, обеспечивающие наибольшую стойкость инструмента при обработке всухую и с применением И-20А, МР-99, рапсового и касторового масел. Показано преимущество растительных масел в сравнении с другими средами при фрезеровании указанной стали.

**Ключевые слова:** режимы упрочняющей приработки, стойкость инструмента

There are the results of studies of the effect of the hardening treatment modes for tool resistance when machining steel 12X18H10T. The running modes, providing the greatest tool resistance when processing dry and using I-20A, MR- 99, rapeseed and castor oils, are considered. The advantage of vegetable oils in comparison with other surroundings during milling of specified steel is showed.

**Keywords:** hardening treatment modes, tool resistance

**Постановка задачі.** Одним из ключевых вопросов повышения эффективности обработки металлов резанием является обеспечение высокого качества и физико-механических свойств контактирующих с обрабатываемым материалом поверхностей инструмента. Среди большого количества способов, обеспечивающих повышенные физико-механические свойства контактных поверхностей инструмента, является упрочнение их резанием [1-3].

В работе [4] показано, что на контактных поверхностях инструмента из быстрорежущей стали при температурах  $200 \div 400^\circ\text{C}$  при давлениях  $\sigma_{\text{H}} \geq 500$  МПа формируются упрочненные слои, обеспечивающие 5-6 кратное повышение износостойкости инструмента при резании труднообрабатываемых материалов в среде СОТС (смазочно-охлаждающие технологические среды).

Такие условия достигаются при резании на более низких режимах в сравнении с нормативными.

Исследования [5] показывают, что масляные СОТС существенно (до 60 ÷ 80%) повышают уровень контактных слоев инструмента по отношению к резанию всухую, так как в среде масел при тех же режимах упрочнения, нормальные давления превышают нижнюю границу упрочнения.

Таким образом, образование вторичных упрочненных структур зависит от вида обрабатываемого и инструментального материалов, режимов упрочнения, вида обработки и инструмента, а также от технологической среды, используемой при упрочнении резанием.

Так как упрочнение резанием осуществляется в определенном интервале температур при давлении не менее 500 МПа, то для заданных контактируемых материалов, вида обработки и инструмента при изменении режимов упрочнения в присутствии различных СОТС будут формироваться различной степени упрочненные, обеспечивающие определенное, для той или иной степени упрочнения, повышение износостойкости инструмента.

В этой связи и возникает задача определения влияния режимов упрочнения на стойкость инструмента в среде различных СОТС.

В данной статье рассматривается влияние режимов упрочняющей приработки резанием на стойкость быстрорежущего инструмента при фрезеровании стали 12X18H10T всухую и с использованием различных СОТС – МР-99, И-20А, рапсового и касторового масел.

**Цель исследований.** Определение влияния режимов упрочняющей приработки инструмента резанием на степень его износостойкости при фрезеровании стали 12X18H10T с использованием различных сред.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работах [5-8] на основе исследования показано влияние различных СОТС при определенных режимах упрочняющей приработки инструмента из быстрорежущих сталей резанием как при непрерывной обработке [3, 6, 7], так и при прерывистом резании на примере фрезерования стали 12X18H10T [8].

В работе [5] при точении исследовалось влияние различных СОТС на процесс упрочнения контактируемых со стружкой поверхностей инструмента при обработке сталей 45, 12X18H10T и титанового сплава ВТ-22. При этом для указанных обрабатываемых материалов предварительная приработка осуществлялась на одних и тех же значениях подачи на зуб –  $S = 0,2$  мм/об и глубине резания –  $t = 0,5$  мм. Режимы резания предварительно приработки и нормативные режимы резания отличались только значениями скоростей. При обработке скорость приработки принималась 12X18H10T –  $V_{пр} = 15$  м/мин.

В работе [8] приведены результаты исследований влияния режимов резания, на стойкость предварительно приработанного инструмента, полученные по результатам моделирования процесса фрезерования стали 12X18H10T. Моделирование проводилось в соответствии с методикой, изложенной в работе [9] при исследовании каждой из рассматриваемых сред (воздух, МР-99, И-20А, рапсовое и касторовое масла) в диапазоне изменения

прирабочных режимов: скорости приработки –  $V_{\text{пр}} = 12 \div 28$  м/мин, подачи на зуб –  $S_z = 0,1 \div 0,3$  мм/зуб и глубины –  $t = 0,4 \div 2,0$  мм.

При исследовании влияния режимов резания на стойкость инструмента, его предварительная приработка осуществлялась при скорости приработки  $V_{\text{пр}} = 12$  м/мин и  $V_{\text{пр}} = 28$  м/мин, подаче на зуб  $S_z = 0,1$  мм/зуб и  $S_z = 0,3$  мм/зуб и глубине резания  $t = 0,4$  мм и  $t = 1,2$  мм.

В результате исследований установлено, что наибольший эффект упрочнения быстрорежущего инструмента достигается при наименьших значениях (в пределах их изменения при исследовании) подачи на зуб и глубины резания (за исключением И-20А). В то же время установлено, что скорость приработки зависит от исследуемой среды.

**Исследование влияния режимов приработки на стойкость инструмента.** Исследования влияния режимов резания на стойкость инструмента, приработанного при различных режимах приработки [8] показывают, что при обработке всухую скорость приработки в указанных пределах изменения не оказывает существенного влияния на стойкость инструмента. Поэтому с целью сокращения времени приработки её значение может быть максимальным в пределах исследований, т.е.  $V_{\text{пр}} = 28$  м/мин. Исследования показывают, что увеличение скорости приработки и подачи на зуб существенно снижает стойкость инструмента при использовании в качестве СОТС И-20А, а глубина резания не оказывает влияния. В среде МР-99 наибольшее влияние на стойкость оказывает подача на зуб при приработке, меньшее глубина резания и не оказывает существенного влияния на изменение стойкости скорость приработки.

Наибольшее влияние при приработке в среде касторового и рапсового масел оказывают подача на зуб и глубина резания. С их увеличением стойкость инструмента снижается. Особенно резкое снижение стойкости наблюдается при увеличении  $S_z$  и  $t$  при использовании касторового масла. При этом влияние подачи и глубины проявляется в тесной их взаимосвязи в зависимости от значения скорости. Наибольшее значение стойкости инструмента при использовании указанных масел достигается при  $V_{\text{пр}} = 28$  м/мин,  $S_z = 0,1$  мм/зуб и  $t = 0,4$  мм.

Проведенные по моделям [8] исследования показывают, что наибольшая стойкость при фрезеровании быстрорежущим инструментом стали 12Х18Н10Т в среде рассматриваемых сред обеспечивается следующими режимами приработки:

- при сухой обработке:  $V_{\text{пр}} = 28$  м/мин,  $S_z = 0,1$  мм/зуб и  $t = 0,4 \div 0,6$  мм;
- при И-20А:  $V_{\text{пр}} = 12 \div 15$  м/мин,  $S_z = 0,1$  мм/зуб и  $t = 0,4 \div 2,0$  мм;
- при МР-99:  $V_{\text{пр}} = 28$  м/мин,  $S_z = 0,1$  мм/зуб и  $t = 0,4 \div 0,6$  мм;
- при рапсовом масле:  $V_{\text{пр}} = 28$  м/мин,  $S_z = 0,1$  мм/зуб и  $t = 0,4 \div 0,6$  мм;
- при касторовом масле:  $V_{\text{пр}} = 28$  м/мин,  $S_z = 0,1$  мм/зуб и  $t = 0,4$  мм.

В указанном диапазоне изменения прирабочных режимных параметров резания снижение стойкости инструмента не превышает 1-3%.

Так как наибольшее значение стойкости инструмента обеспечивается наименьшими в пределах исследований, подачами, то время приработки может значительно превышать время, необходимое для фрезерования той или иной длины поверхности детали.

Сократить время приработки можно, прежде всего увеличением подачи на зуб. Вместе с тем, как показали исследования, увеличение подачи на зуб при приработке приводит к снижению стойкости. Кроме того, согласно [8] эффект упрочнения инструмента определяется режимами его последующей эксплуатации.

Поэтому возникает задача определения влияния режимов приработки на эффект упрочнения контактных слоёв инструмента в зависимости от режимов его дальнейшей работы с использованием каждой из СОТС.

**Определение влияния режимов приработки на эффект упрочнения в зависимости от режимов его эксплуатации.** Исследование эффекта упрочнения быстрорежущего инструмента в зависимости от эксплуатационных режимов проводились на примере цилиндрических двузубых фрез  $\varnothing 100$  мм [9]. Предварительная приработка этих фрез осуществлялась на следующих режимах:

- обеспечивающих наибольшую стойкость инструмента при  $t = 0,4$  мм;
- со скоростью приработки независимо от используемой среды  $V_{пр} = 28$  м/мин,  $t = 0,5$  мм и подачах  $S_z = 0,15$  мм/зуб и  $S_z = 0,2$  мм/зуб.

В качестве нормативных режимов для дальнейшей эксплуатации инструмента были выбраны  $S_z = 0,2$  мм/зуб,  $t = 0,5$  мм при скоростях резания  $V_c = 28$  м/мин и  $V_c = 40$  м/мин. За критерий затупления была принята фаска износа по задней поверхности равная  $h_3 = 0,3$  мм.

Эффект от упрочнения быстрорежущего инструмента предварительно обработанного на различных режимах в присутствии каждой из СОТС определялся по отношению к стойкости неприработанного инструмента всухую со скоростью –  $V_c = 28$  м/мин, подачей на зуб  $S_z = 0,2$  мм/зуб и глубиной резания 0,5 мм.

Стойкость инструмента, приработанного при различных режимах упрочняющей приработки с использованием различных СОТС при фрезеровании стали 12Х18Н10Т приведены на рис.

Анализ изменения стойкости при различных режимах предварительной приработки и дальнейшей эксплуатации инструмента показывает, что эффект упрочнения быстрорежущего инструмента зависит не только от режимов упрочнения и технологической среды, но и от режима эксплуатации упрочненного инструмента. Так при нормативной скорости резания 28 м/мин при увеличении приработки подачи на зуб до 0,2 мм/зуб приводит к резкому снижению эффекта упрочнения. При этих режимах предварительной

приработки стойкость увеличивается только при использовании сред МР-99 (в 2,0 раза), рапсового масла (в 2,6 раза) и касторового (в 2,1 раза) в сравнении с обработанной всухую не приработанным инструментом.

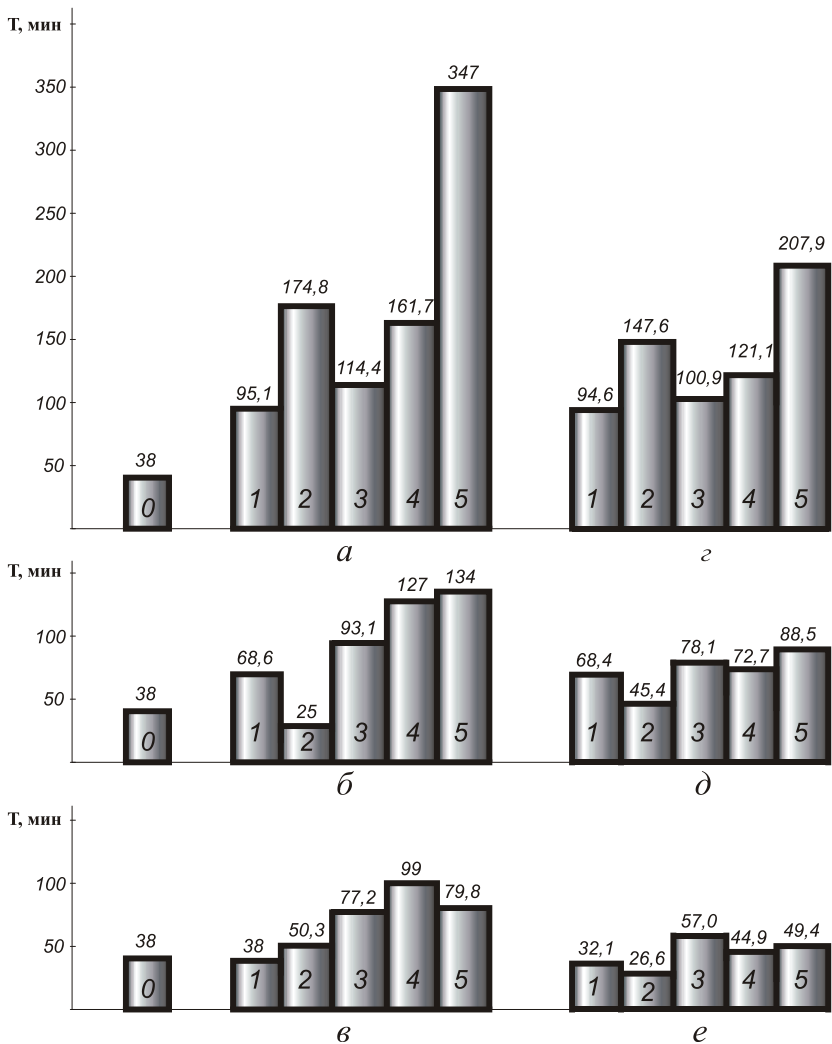


Рисунок – Стойкость не приработанного (0) инструмента и предварительно приработанного с использованием различных СОТС:  
 1 – сухая обработка; 2 – И-20А; 3 – МР-99; 4 – рапсовое масло; 5 – касторовое масло

Режими приработки:

а, г –  $V_{пр} = 28$  м/мин (1, 3, 4, 5),  $V_{пр} = 12$  м/мин (2),  $S_z = 0,1$  мм/зуб,  $t = 0,4$  мм;

б, д –  $V_{пр} = 28$  м/мин,  $S_z = 0,15$  мм/зуб,  $t = 0,5$  мм;

в, е –  $V_{пр} = 28$  м/мин,  $S_z = 0,2$  мм/зуб,  $t = 0,5$  мм;

а, б –  $V_c = 28$  м/мин;

д, е –  $V_c = 40$  м/мин.

Влияние режимов приработки на эффект упрочнения в зависимости от режимов его эксплуатации для различных СОТС приведен в табл.

Таблица

Среда	Режимы приработки					
	$V_{пр} = 28$ м/мин, (И-20А – 12 м/мин), $S_z = 0,1$ мм/зуб, $t = 0,4$ мм		$V_{пр} = 28$ м/мин, $S_z = 0,15$ мм/зуб, $t = 0,5$ мм		$V_{пр} = 28$ м/мин, $S_z = 0,2$ мм/зуб, $t = 0,5$ мм	
	Эксплуатационные режимы*					
	$V_c = 28$ м/мин	$V_c = 40$ м/мин	$V_c = 28$ м/мин	$V_c = 40$ м/мин	$V_c = 28$ м/мин	$V_c = 40$ м/мин
Всухую	2,5	2,5	1,8	1,78	1,1	Снижение -1,1
И-20А	4,6	3,8	1,7	1,2	1,3	Снижение -1,4
МР-99	3,0	2,7	2,5	2,1	2,0	1,3
Рапсовое масло	4,3	3,2	3,4	2,4	2,6	1,2
Касторовое масло	7,8	5,4	3,8	2,3	2,1	1,1

\* –  $S_z = 0,2$  мм/зуб,  $t = 0,5$  мм.

Эффект упрочнения определяется как отношение предварительно приработанного инструмента эксплуатируемого на рассматриваемых режимах резания к стойкости не приработанного инструмента при обработке всухую на нормативных режимах резания.

Анализ приведённых в таблицах данных показывает, что эффект упрочнения снижается при ужесточении режимов упрочняющей приработки

інструмента і в залежності від режиму його експлуатації (в розглядаваному випадку від швидкості різання).

При цьому ступінь зміни ефекту упрочнення від швидкості різання визначається використовуваною середньою попередньою приработкою і швидкістю різання при його подальшій роботі. Це дозволяє для певних режимів роботи приработаним інструментом вибирати найбільш ефективну СОТС для обробки і призначати режими приработки з урахуванням ефекту упрочнення і можливості підвищення режимів його подальшої експлуатації.

**Висновки.** Проведені дослідження показують, що стійкість попередньо приработанного інструмента з використанням тієї чи іншої СОТС визначається режимами приработки і режимами подальшої його роботи, т.е. ефект упрочнення інструмента залежить як від режимів приработки, так і від режиму його експлуатації після упрочнення. Це дозволяє призначати як більш жорсткі режими приработки, так і збільшувати режими різання при подальшій експлуатації інструмента.

Установлено, що при одних і тих же режимах попередньої приработки інструмента і одних і тих же експлуатаційних режимах при використанні рапсового і касторового масел ефект упрочнення при різних експлуатаційних швидкостях різання в 1,5 ÷ 2,0 рази більше в порівнянні з іншими використовуваними в дослідженнях середовищами.

**Список використаних джерел:** 1. *Ким В.А.* Вплив приработки робочих поверхностей швидкохідного інструмента на його стійкість: Дис... канд. техн. наук: 05.03.01. – Ташкент – Київ, 1983, – 183 С. 2. *Каримов Ш.А.* Підвищення зносостійкості інструмента на основі інтенсифікації упрочнення його робочих поверхностей в процесі різання: Дис..., канд. техн. наук: 05.03.01 – Ташкент-Київ, 1987, – 145 С. 3. *Верецака А.С.* Різання матеріалів: учебник / А.С. Верецака, В.С. Кушнер – М.: Вища школа, 2009, – 539 С. 4. *Якубов Ф.Я.* Структурно-енергетичні аспекти упрочнення і підвищення стійкості режущого інструмента / Ф.Я. Якубов, В.А. Ким. – Симферополь, 2005, – 300 С. 5. *Якубов Ч.Ф.* Упрочнююче дієвство СОТС при обробці металів різанням. / Ч.Ф. Якубов. – Симферополь: АОО Симферопольська міська типографія (СГТ), 2008 – 156 С. 6. *Абдулгасис Д.У.* К вопросу об использовании масел растительного происхождения качестве смазочно-охлаждающих технологических средств при обработке металлов резанием / Д.У. Абдулгасис, И.Э. Аметов, Э.Р. Ваниев // Ученые записки Крымского гос. инж – пед. университета, вып.3, Симферополь: Доля, 2002 – С 26-29. 7. *Алиев А.И.* Підвищення робочоспроможності складно-профільного режущого інструмента за рахунок застосування технологічних серед рослинного походження: Дис... канд. техн. наук: 05.03.01 / *Алиев А.И.* – Харків, 2011, –145 С. 8. *Ваниев Э.Р.* Влияние режимов резания на стойкость инструмента при фрезеровании стали 12Х18Н10Т в присутствии различных СОТС // Різання і інструмент в технологічних системах, – Харків: НТУ «ХПІ», 2013, – вип.83. – С 32-41. 9. *Якубов Ч.Ф.* Моделирование стойкости фрезы из Р6М5 при изменении условий её предварительной приработки и дальнейшей эксплуатации при фрезеровании стали 12Х18Н10Т / Ч.Ф. Якубов, Э.Р. Ваниев // Вісник національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні – Львів, Вид – во Львівської політехнік, №746 – 2012, – С 207-210.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Kim V.A.* Vlijanie prirabotki rabochih poverhnostej bystrorezhushhego instrumenta na ego stojkost': Diss... kand. tehn. nauk: 05.03.01. – Tashkent – Kiev, 1983, – 183 S. 2. *Karimov Sh.A.* Povyshenie iznosostojkosti instrumenta na osnove intensivifikacii uprochnenija ego rabochih poverhnostej v processe rezanija: Dis..., kand. tehn. nauk: 05.03.01 – Tashkent-Kiev, 1987, – 145 S. 3. *Vereshhaka A.S.* Rezanie materialov: uchebnik / A.S. Vereshhaka, V.S. Kushner – M.: Vysshaja shkola, 2009, – 539 S. 4. *Jakubov F.Ja.* Strukturno-jenergeticheskie aspekty uprochnenija i povyshenija stojkosti rezhushhego instrumenta / F.Ja. Jakubov, V.A. Kim. – Simferopol', 2005, – 300 S. 5. *Jakubov Ch.F.* Uprochnjajushhee dejstvie SOTS pri obrabotke metallov rezaniem. / Ch.F. Jakubov. – Simferopol': AOO Simferopol'skaja gorodskaja tipografija (SGT), 2008 – 156 S. 6. *Abdulgasis D.U.* K voprosu ob ispol'zovanii masel rastitel'nogo proishozhdenija kachestve smazочно-ohlazhdajushhih tehnologicheskikh sredstv pri obrabotke metallov rezaniem / D.U. Abdulgasis, I.Je. Ametov, Je.R. Vaniev // Uchenye zapiski Krymskogo gos. inzh – ped. universiteta, vyp.3, Simferopol': Dolja, 2002 – S 26-29. 7. *Aliev A.I.* Povyshenie rabotosposobnosti slozhno-profil'nogo rezhushhego instrumenta za schet primenenija tehnologicheskikh sred rastitel'nogo proishozhdenija: Diss... kand. tehn. nauk: 05.03.01 / Aliev A.I. – Har'kov, 2011, –145 S. 8. *Vaniev Je.R.* Vlijanie rezhimov rezanija na stojkost' instrumenta pri frezerovanii stali 12H18N10T v prisutstvii razlichnyh SOTS // Rezanie i instrument v tehnologicheskikh sistemah, – Har'kov: NTU «HPI», 2013, – vyp.83. – S 32-41. 9. *Jakubov Ch.F.* Modelirovanie stojkosti frezy iz R6M5 pri izmenenii uslovij ejo predvaritel'noj prirabotki i dal'nejšej jekspluatacii pri frezerovanii stali 12H18N10T / Ch.F. Jakubov, Je.R. Vaniev // Visnik nacional'nogo universitetu «L'vivs'ka politehnika». Optimizacija virobnychih procesiv i tehničnij kontrol' u mashinobuduvanni ta priladobuduvanni – L'viv, Vid – vo L'vivs'koi politehnik, №746 – 2012, – S 207-210.