

УДК 621.914

Ч.Ф. Якубов, доцент, канд. техн. наук,

Э.Р. Ваниев, ст. преподаватель

РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет»,

ул. Севастопольская, пер. Учебный, 8, г. Симферополь, Украина, 95015

eldar_v@rambler.ru

СОСТОЯНИЕ ПРИРАБОТОЧНЫХ КОНТАКТНЫХ СЛОЕВ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ СТАЛИ 12X18H10T В ПРИСУТСТВИИ КАСТОРОВОГО МАСЛА

На основании микроструктурных исследований определено состояние контактных слоев вдоль режущей кромки. Показано, что в процессе приработки образуется неравномерный вдоль режущей кромки рыхлый слой, под которым наблюдается упрочненный слой.

Ключевые слова: *фрезерование, режимы приработки, приработочный износ, микроструктура, твердость, рыхлый слой, упрочненный слой, касторовое масло.*

Постановка задачи и цель исследований. Применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) в механической обработке – одно из направлений повышения работоспособности инструмента при резании различных материалов. Роль СОТС в протекании процессов резания существенна и сложна. На процесс резания СОТС оказывает охлаждающее, смазочное, режуще-пластифицирующее, моющее, защитное и упрочняющее действия [1, 2], которые тесно связаны между собой и зависят от обрабатываемого и инструментального материалов, вида обработки, технологических средств, режимов резания, способа обработки и т.д. Вместе с тем, применение современных СОТС требует особых условий их использования для обеспечения экологической безопасности и предупреждения их вредного влияния на здоровье человека. В связи с этим с точки зрения экологической безопасности наметилась тенденция замены существующих СОТС на технологические средства, в основе которых растительные масла, действия этих смазочных материалов в полной мере не изучены.

Среди наименее изученных СОТС на основе растительных масел является касторовое масло. Особенно это касается изменения свойств инструментального материала, которые определяются при резании степенью и скоростью деформации, интенсифицирующими процессы упрочнения и температурой, стимулирующей процессы разупрочнения [3]. Было установлено, что, если создать условия резания, при которых будет превалировать деформационное упрочнение контактных слоев, то процесс резания может рассматриваться как процесс деформационного упрочнения инструмента, за счет чего повысится стойкость инструмента. Такое упрочнение инструмента может быть достигнуто путем приработки на менее жестких режимах.

В работе [2] отмечается, что упрочнение инструмента резанием в режиме приработки зависит от среды, в которой оно осуществлялось. Однако, данные о возможности образования упрочненного слоя во время приработки в условиях фрезерования стали 12X18H10T в присутствии касторового масла отсутствуют.

В работе [4] указывается, что в среде касторового масла при резании отмечается, снижение шероховатости, усилий резания, что способствует повышению стойкости инструмента при определенных режимах резания. Поэтому и возникла задача проведения исследований.

Целью исследований является установления наличия величины приработочного износа, обеспечивающего образование упрочненных слоев и определение состояния режущей кромки в процессе приработки.

Методика исследований. В основу исследований образования состояния приработочных контактных слоев при фрезеровании стали 12X18H10T из быстрорежущей стали Р6М5 с использованием в качестве СОТС касторового масла, были положены микроструктурные исследования образцов элементов зубьев фрез после приработки. В исследованиях принимали участие 2 пары фрез, каждые из которых прирабатывались на одних и тех же режимах.

Так первая пара фрез (фрезы №1 и №2) прирабатывались на режимах $V_{\text{пр}} = 15,47$ м/мин, $S_z = 0,1$ мм/зуб, $t = 0,8$ мм, а вторая пара (фрезы №3 и №4) – $V_{\text{пр}} = 15,44$ м/мин, $S_z = 0,3$ мм/зуб, $t = 1,6$.

Приработка осуществлялась на заготовках, обеспечивающих измерение значений приработочного износа $h_{\text{пр}}$ (фаска износа по задней поверхности) через каждые 200 мм. Параллельно с измерением износа через каждые 100 мм также измерялись составляющие усилий резания – P_v , P_h и P_y .

При изготовлении образцов для микроструктурных исследований приработанные до заданных значений $h_{\text{пр}}$ зубья вырезались на электроэрозионном станке модели CHMER CW-532S латунной проволокой $\varnothing 0,25$ мм, а затем тем же способом образцы разрезались перпендикулярно режущей кромке на 2-3 образца. После этого изготавливались шлифы каждого из них.

Для исследования контактных слоев образцы протравливались 5% раствором азотной кислоты. Микроструктурные исследования проводились на металлографическом агрегатном микроскопе МЕТАМ – Р1, предназначенном для изучения структуры металлов в отраженном свете.

Наличие упрочненного слоя определялось по цвету протравленных образцов вблизи режущей кромки, передней и задней поверхностей на каждом исследуемом образце. Полученные структуры образцов фотографировались и таким образом, определялось состояние этого слоя вдоль режущей кромки.

Твердость этих же образцов исследовалось после снятия протравленного слоя. Перед измерением микротвердости образцы полировались до снятия протравленного слоя и достижения требуемой шероховатости поверхности.

До приработки зубьев в среде касторового масла была измерена твердость трех неприработанных образцов, средние значения твердости одного из них образцов, приведены на рисунке 1.

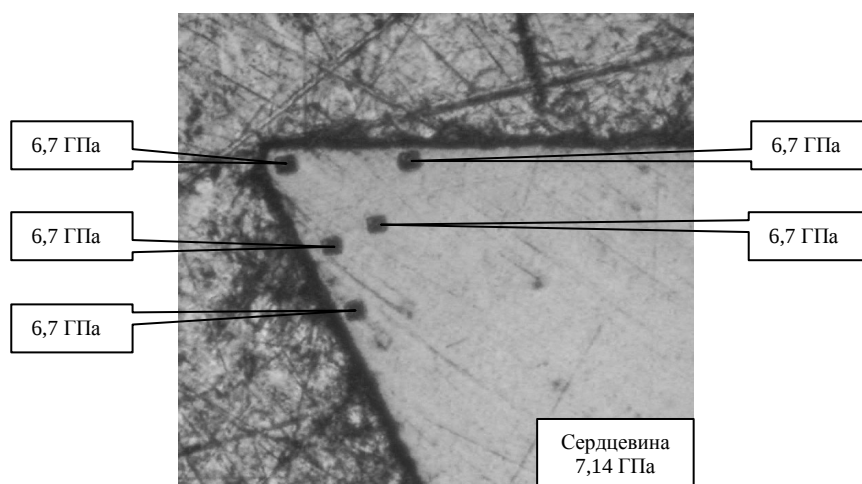


Рисунок 1 – Средняя твердость неприработанных образцов зубьев фрезы из стали Р6М5 (увеличение $\times 200$)

Твердость неприработанных образцов в центральной зоне выше их твердости вблизи передней и задней поверхностей в среднем на 5%.

Результаты исследований. При измерении усилий резания наблюдалось вначале снижение составляющих, затем рост, после которого опять наблюдалось падение. Поэтому возникла задача определения значений приработочного износа $h_{зпр}$, при котором зубья фрезы можно было считать окончательно приработанными, т.е. определение значения $h_{зпр}$, обеспечивающего образование упрочненных контактных слоев на зубьях фрезы. Для этого зубья одной фрезы из каждой пары изнашивались до $h_{зпр} = 0,056$ мм, при котором наблюдалось первое снижение составляющих усилий резания, а вторая – до следующего снижения P_v , P_h и P_y . Средние значения $h_{зпр}$, P_h и P_v после каждого измерения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Средние значения приработочного износа зубьев фрезы $h_{зпр}$ и соответствующие им составляющие усилий резания P_h и P_v

№ фрезы	Измерение $h_{зпр}$, мм					Измерение составляющих усилий резания									
	1	2	3	4	5	P_h , Н					P_v , Н				
						1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0,056	-	-	-	-	111,3	-	-	-	-	61,9	-	-	-	-
2	0,056	0,07	0,084	0,098	-	111,3	85,3	71,7	-	-	61,9	51,7	46,7	-	-
3	0,056	0,07	0,077	-	-	276,8	243,1	218,4	-	-	125,9	123,4	118,7	-	-
4	0,056	0,07	0,077	0,098	0,098	276,8	243,1	218,4	247,0	235,6	125,9	123,4	118,7	135,2	109,3

Анализ микроструктуры образцов, приработанных на различных режимах, показывает, что в присутствии касторового масла на контактных поверхностях образуется разрыхленный слой (рисунок 2 и

3). В зависимости от времени приработки и режимов резания под рыхлым слоем наблюдается более плотный (рисунок 2 а и рисунок 3 а и в). Твердость этого слоя выше твердости верхнего и зависит от режимов приработки.

После приработки на режимах $V_{пр} = 15,47$ м/мин, $S_z = 0,1$ мм/зуб до износа $h_{зпр} = 0,056$ мм, т.е. после первого снижения усилий резания, которое соответствовало времени приработки $T_{пр} = 20$ мин, образуется разупрочненный рыхлый слой. Разрыхленность этого слоя подтверждается измерениями твердости (рисунок 2 б).

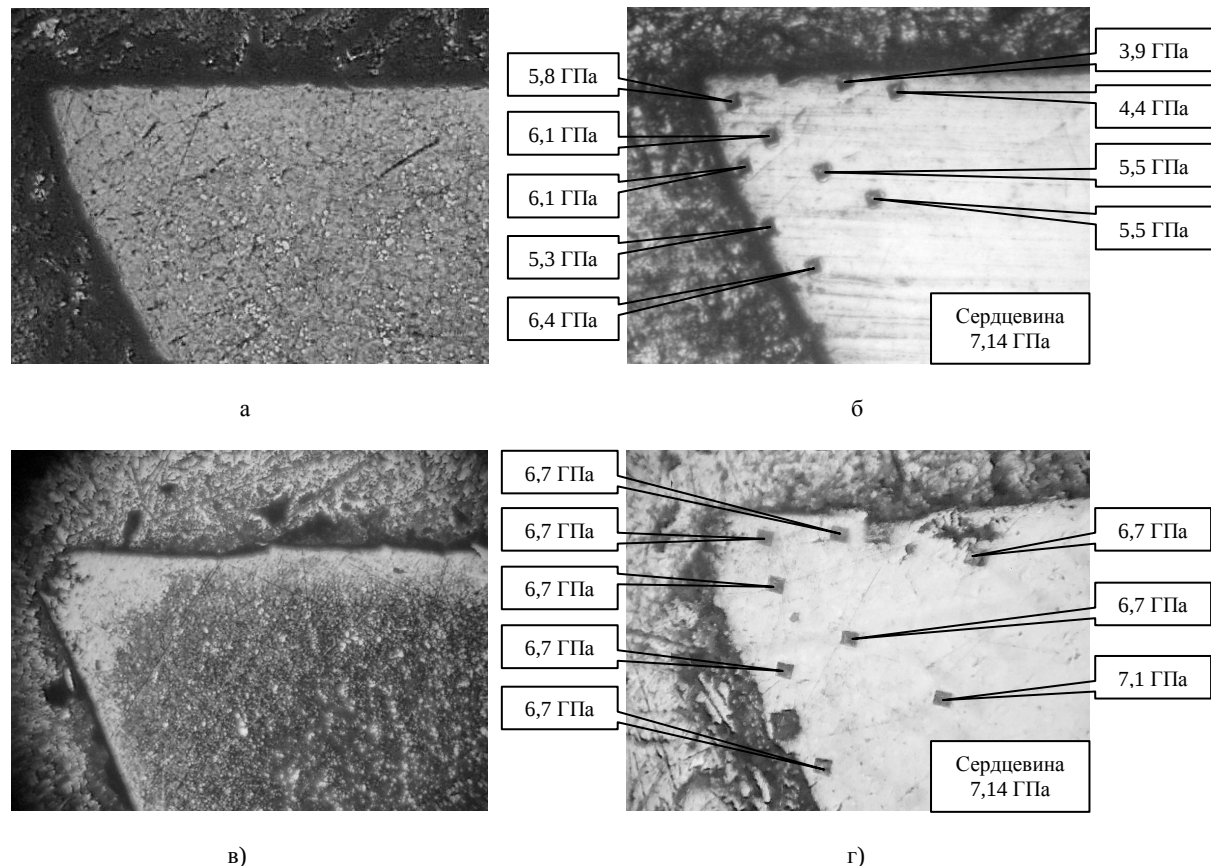


Рисунок 2 – Микроструктура и твердость образцов.

Режимы приработки: $V_{пр} = 15,47$ м/мин, $S_z = 0,1$ мм/зуб, $t = 0,8$ мм;

а, б – $h_{зпр} = 0,056$ мм; в, г – $h_{зпр} = 0,098$ мм (увеличение $\times 200$)

При приработке зубьев на тех же режимах (фреза №1, таблица 1) до $h_{зпр} = 0,098$ мм ($T_{пр} = 60$ мин) на всех исследуемых образцах зубьев этой фрезы наблюдаются светлослабоявляющиеся неравномерные (наибольшие по величине у вершины режущей кромки) разрыхленные слои.

Измерение твердости этих слоев показало значительное ее повышение в сравнении с исследуемыми образцами фрезы №1 (рисунок 2 б и г). Это может быть объяснено с одной стороны образованием плотных, более высокой твердости контактных слоев на поверхности инструмента с одновременным разрыхлением этих слоев в следствии проявления эффекта Ребиндера. Очевидно это вызвано высоким содержанием рицинолеиновой кислоты (до 90%) в составе касторового масла, служащей поверхностно-активным веществом (ПАВ).

На рисунке 3 проведены микроструктура и твердость по Викерсу исследуемых образцов зубьев фрез приработанных на более жестких режимах ($V_{пр} = 15,44$ м/мин, $S_z = 0,3$ мм/зуб, $t = 1,6$ мм). При обработке образцов на этих режимах первое снижение составляющих усилий резания в среднем отмечалось после приработки до $h_{зпр} = 0,077$ мм, затем усилия росли до $h_{зпр} = 0,098$ мм, после этого опять отмечалось падение (таблица 1).

На протравленных образцах рисунок 3 а) и в) разрыхленный образованный разрыхленный слой наблюдался сразу после первого измерения и продолжал увеличиваться с увеличением времени приработки.

Анализ результатов приведенных исследований позволяет предположить, что механизм образования контактных слоев в присутствии касторового масла связан с тем, что при знакопеременных нагрузках, возникающих в процессе приработки, в отдельных микрообъемах реализуются

микроскопические деформации, приводящие к росту плотности дислокаций в поверхностных слоях. Мощным препятствием для выхода дислокаций является пассивированная, более высокой твердости поверхность, образующаяся под разрыхленным слоем. Повышенная плотность дислокаций является препятствием для более глубокого разрыхления поверхностных слоев, образовавшихся в результате химической адсорбции в присутствии исследуемой СОТС.

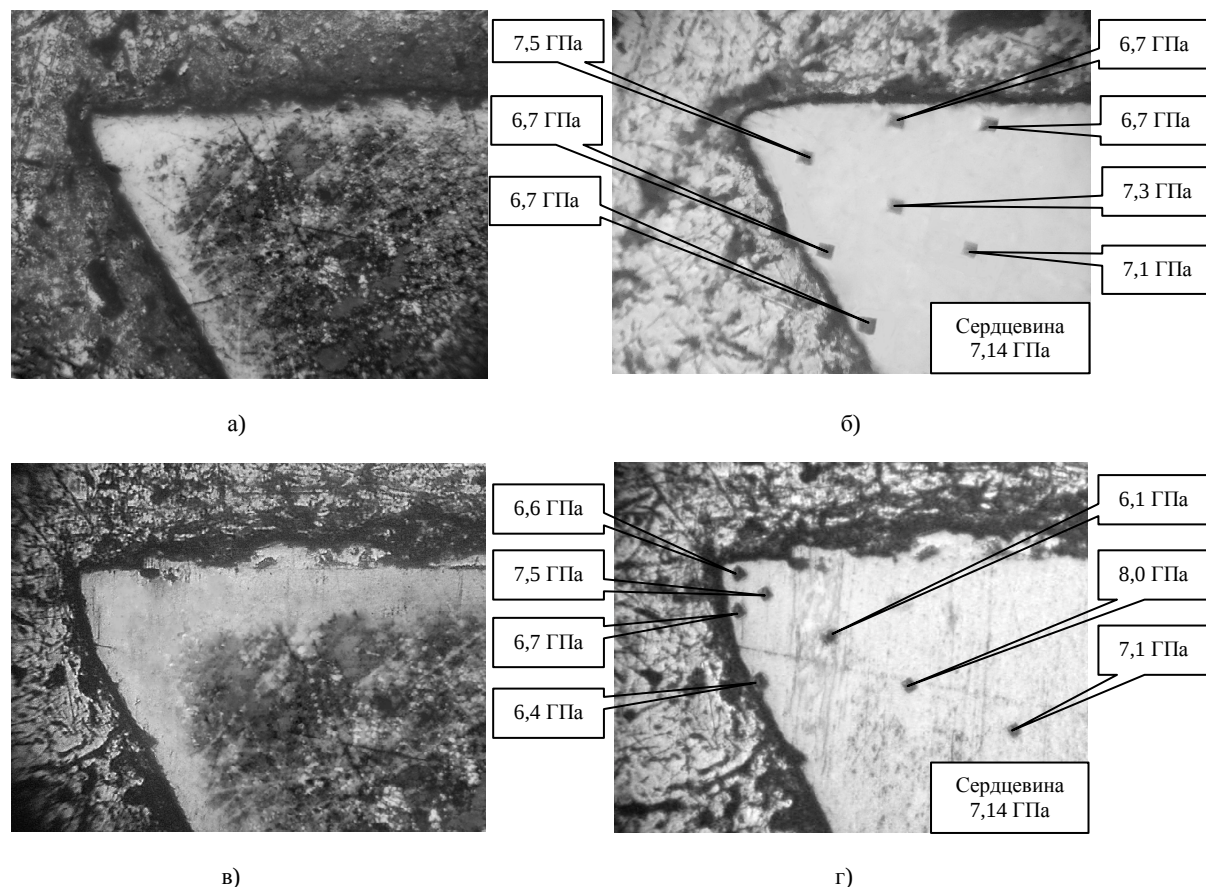


Рисунок 3 – Микроструктура и твердость образцов, приработанных фрез.
 Режимы приработки: $V_{\text{пр}} = 15,44$ м/мин, $S_z = 0,3$ мм/зуб, $t = 1,6$ мм;
 а, б – $h_{\text{зпр}} = 0,077$ мм; в, г – $h_{\text{зпр}} = 0,098$ мм (увеличение $\times 200$)

Проведенные исследования позволяют высказать гипотезу о возможности неоднократной приработки инструмента за счет изменения режимов резания в процессе фрезерования.

Выводы. Микроструктурными и исследованиями твердости инструмента на различных режимах приработки установлено образование композиционных контактных слоев, которые состоят из верхних разрыхленных и лежащих под ними более плотных пассивированных повышенной твердости.

Высказаны предположение механизма образования контактных слоев и гипотеза о возможности неоднократной приработки инструмента за счет изменения режимов резания при фрезеровании стали 12X18H10T инструментом из быстрорежущей стали Р6М5 в присутствии касторового масла, что требует дополнительных исследований.

Бibliографический список использованной литературы

1. Якубов Ч.Ф. Упрочняющее действие СОТС при обработке металлов резанием / Ч.Ф. Якубов. — Симферополь: ОАО «Симферопольская городская типография» (СГТ), 2008. — 156 с.
2. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новоселов, Ф.Я. Якубов; під заг. ред. М.П. Мазур. — Львів: Новий Світ – 2000, 2010. — 422 с.
3. Якубов Ф.Я. Энергетические соотношения процесса механической обработки материалов / Ф.Я. Якубов. — Ташкент: ФАН, 1985. — 106 с.
4. Вульф А.М. Резание металлов / А.М. Вульф. — 2-е изд. — Л.: Машиностроение (Ленингр. отделение), 1973. — 496 с.

Поступила в редакцию 30.03.2013 г.

Якубов Ч.Ф., Ванієв Е.Р. Стан прироблених контактних шарів при фрезеруванні сталі 12Х18Н10Т у присутності рицинової олії

На підставі мікроструктурних досліджень визначено стан контактних шарів вздовж різальної кромки. Показано, що в процесі прироблення утворюється нерівномірний вздовж різальної кромки рихлий шар, під яким спостерігається зміцнений шар.

Ключові слова: фрезерування, режими прироблення, прироблений знос, мікроструктура, твердість, рихлий шар, зміцнений шар, рицинова олія.

Yakubov Ch., Vaniev E. State of running-contact layers in milling 12X18H10T steel in the presence of castor oil

On the basis of microstructural studies the state of the contact layers along the cutting edge is defined. It is shown that during running along the cutting edge of the uneven layer friable is formed, under which there is a strengthened layer.

Keywords: milling, the running mode, the running wear, microstructure, hardness loosened layer, a layer of hardened castor oil.