

А.И. Алиев, канд. техн. наук, Симферополь, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОТС РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА СОСТАВЛЯЮЩИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ СВОБОДНОМ ТОЧЕНИИ

У статті представлені результати експериментів по вільному точінню в середовищі різних мастильно-охолоджувальних засобів. Показана ефективність технологічних середовищ рослинного походження, що має вираження в зниженні довжини площадки контакту стружки з передньою поверхнею інструменту та значень складових сили різання.

В статье представлены результаты экспериментов по свободному точению в среде различных смазочно-охлаждающих средств. Показана эффективность технологических сред растительного происхождения выражающаяся в снижении длины площадки контакта стружки с передней поверхностью и значений составляющих силы резания.

The article presents the results of experiments on the free cutting among various technical lubricating refrigerant. The efficiency of the technological media of plant origin is expressed in the reduction of the length of the contact area with the front surface of the cutting tool and the values of the components of cutting force.

Тенденция экологической ориентированности современного производства, снижение норм расхода за счет применения техники минимальной смазки, повышенные смазочные свойства, явились основными причинами обращения к растительным маслам, как к смазочно-охлаждающим технологическим средствам.

Исследования в области изыскания возможностей наиболее рационального применения растительных масел в механической обработке достаточно популярны в настоящее время [1, 2]. Результаты экспериментов по трению в среде экологически безопасных растительных масел, имеющих низкую температуру вспышки (230...240°C) в закрытом тигле, дали основание считать, что эти масла могут быть эффективными на операциях, выполняемых по технологическим ограничениям с низкими режимами резания в условиях выраженного адгезионного износа и наростообразования [3, 4].

С целью определения степени соответствия результатов моделирующих экспериментов и правомочности их приложения к реальным показателям процесса резания были проведены станочные исследования. Для обеспечения простоты опытов и точности измерений обратились к операции свободного точения проходными упорными резцами из быстрорежущей стали Р6М5.

В качестве обрабатываемых материалов были выбраны: сталь 45, коррозийно-стойкая сталь 12Х18Н10Т и титановый сплав ВТ1-0. Геометрия режущего клина оставалась постоянной на всех резцах: $\varphi = 90^\circ$, $\gamma = 15^\circ$, $\alpha = 12^\circ$.

Резание осуществлялось всухую и с применением технологических сред, подаваемых в зону резания под давлением 232 кПа. Расход СОТС составлял 80 г/час с учетом различий в динамической вязкости используемых жидкостей. Рассматривалось действие следующих сред: растительные масла (относящиеся к различным группам окисляемости – рапсовое, подсолнечное и касторовое), минеральное И-30 (как основа масляной СОТС), масляная СОТС МР-17М и эфир пальмового масла. Испытания проводились на токарно-винторезном станке повышенной точности SAMAT 400S. Для измерения составляющих силы резания использовался универсальный динамометр УДМ-600 и цифровой осциллограф GDS-830.

На рис. 1 показано влияние применяемой в процессе резания СОТС на изменение ширины площадки контакта стружки с передней поверхностью. Различия в значениях длин площадок контакта, полученных при обработке конструкционной стали 45 в разных внешних средах достаточно заметны.

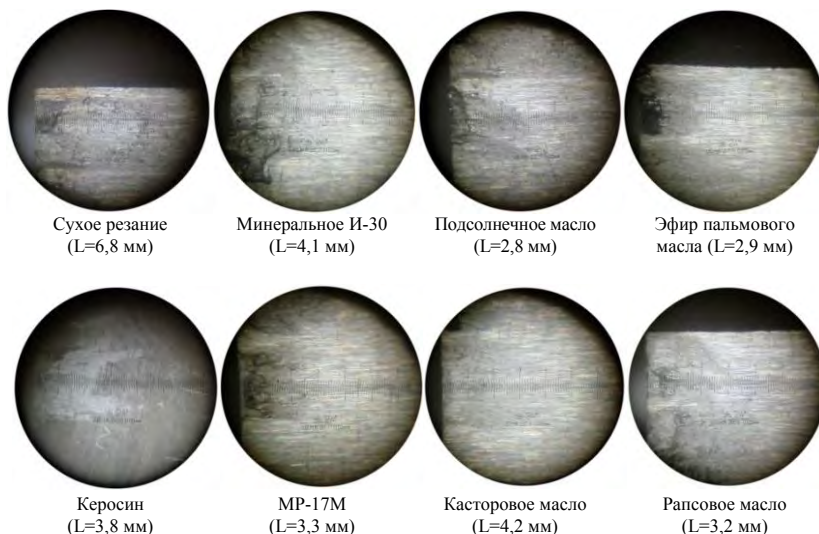










Рисунок 1 – Изменение длины площадки контакта в зависимости от применяемой СОТС в процессе свободного точения стали 45 ($v_c = 24,6$ м/мин; $f = 0,2$ мм/об)

Обращает внимание факт снижения длины площадки контакта в среднем на 40-45% в среде минерального масла по сравнению с резанием без подачи СОТС. Длины площадок контакта стружки по передней поверхности при применении растительных масел, за исключением касторового масла, имеют значения в 2,0...2,5 раза меньше относительно резания всухую и 1,5 раза относительно резания в минеральном масле. Их эффективность оказалась даже выше, чем при использовании промышленной масляной СОТС.

Низкую эффективность кастрового масла, которое в экспериментах по трению конструкционной стали 45 и быстрорежущей стали P18 существенно снижало их адгезионную активность друг к другу, можно объяснить повышенной вязкостью масла. Проявление механизмов проникновения СОТС в контактную зону (капиллярный, миграции и др.) осложняются с увеличением размеров молекул. По всей видимости, это и затрудняло проникновение указанной смазки на контактные поверхности. По этой причине, ввиду высокой проникающей способности, был выбран для сравнения керосин.

Эфир пальмового масла был взят также для сравнения. Известно, что за рубежом чаще применяют эфиры растительных масел, нежели сами масла. Однако, они имеют более высокую стоимость и возможность их применения должна быть обусловлена необходимостью обеспечения экологической безопасности и лучших санитарно-производственных условий. Тем не менее, наименьшие значения длины площадки контакта были получены при подаче в зону резания подсолнечного и рапсового масел, которые и в экспериментах по трению дали лучшие результаты.

Таблица 1 – Усадка стружки в зависимости от применяемой СОТС в процессе свободного точения стали 45

	Применяемое СОТС	Фото стружки	№	Применяемое СОТС	Фото стружки
1	Сухое резание $K_f=5,2$		5	Подсолнечное (ТМС) $K_f=3,38$	
2	Минеральное И-30 $K_f=4,05$		6	Рапсовое масло (ТМС) $K_f=3,6$	
3	МР-17 (ТМС) $K_f=3,75$		7	Касторовое масло (ТМС) $K_f=4$	
4	Керосин (ТМС) $K_f=3,75$		8	Эфир пальмового масла (ТМС) $K_f=3,65$	

В табл. 1 представлены снимки, и данные по влиянию различных СОТС на коэффициент укорочения стружки в процессе свободного течения конструкционной стали 45. Как известно, коэффициент укорочения стружки является показателем процесса трения на передней поверхности, и снижение коэффициента трения приводит к уменьшению коэффициента усадки. Более того, снижение значений этого коэффициента является свидетельством облегчения процессов деформации, проявляемого в среде растительных масел в большей степени, нежели при подаче минерального масла и масляной СОТС.

Ранее нами высказывалось предположение, что попадание растительных масел в зону упруго-пластического контакта смещает зону пластического контакта в направлении режущей кромки и в условиях наростообразования увеличивает фактический передний угол. Минимальный коэффициент укорочения стружки соответствует наибольшему фактическому переднему углу и минимальной длине площадки контакта стружки с передней поверхностью. Уменьшение коэффициента укорочения говорит об увеличении угла сдвига, а это в свою очередь сказывается на снижении значений составляющих сил резания при обработке.

На рис. 2 и 3 представлены зависимости составляющих силы резания от скорости резания и подачи. Анализ этих зависимостей показывает, что СОТС растительной природы заметно влияют на изменение сил резания, понижая их значения на относительно низких скоростях. С увеличением же скорости резания и подачи это различие практически нивелируется. Наиболее заметно действие СОТС при обработке сталей, при обработке же титанового сплава существенной разницы в значениях сил резания не наблюдается.

Отсутствие эффективности использования СОТС при обработке титанового сплава объясняется высокими контактными давлениями на передней поверхности инструмента при его обработке. В этих условиях проникновение смазочной среды в зону резания затруднено и действие СОТС на изменение сил резания не оказывается.

Также, необходимо отметить, что обработка конструкционной и нержавеющей сталей осуществлялась в условиях наростообразования. Изменение условий резания с применением СОТС оптимизировало геометрию режущего клина и приводило к снижению работы резания. Кроме того, периодически срываеваемый нарост образовывал полости разряжения, в которые проникало СОТС.

Отметим наиболее принципиальные факты, обнаруженные в результате эксперимента:

1. При тчении конструкционной стали в среде растительных масел силы резания снижаются в 1,3-1,5 раз по отношению к резанию всухую, тогда как минеральное масло И-30 и приготовленная на его основе СОТС МР-17М снизили значение сил в 1,2 и 1,25 раза соответственно.

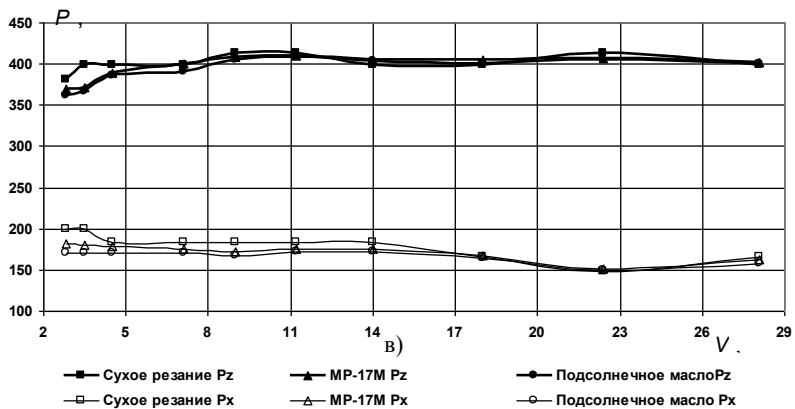
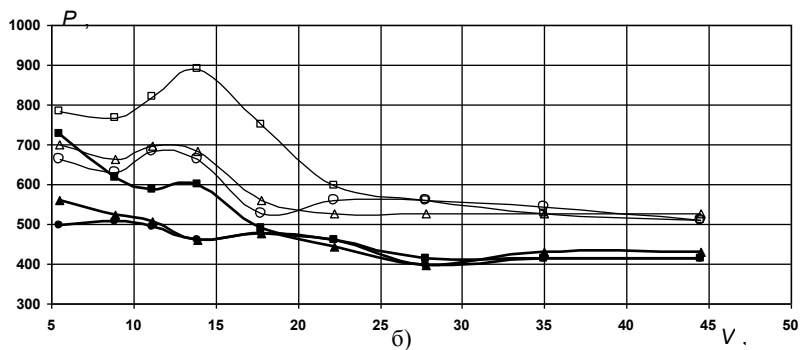
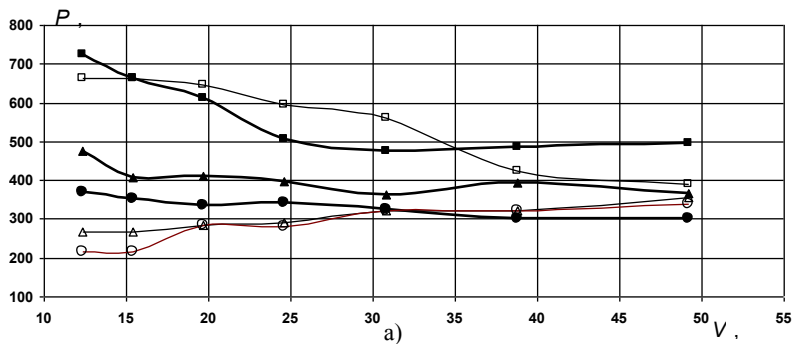


Рисунок 2 – Влияние СОТС на составляющие силы резания P_z и P_x при свободном точении (P6M5, $t = 1,75$ мм; $S = 0,2$ мм/об): а) сталь 45; б) коррозионно-стойкая сталь 08X18H10T; в) титановый сплав ВТ1-0.

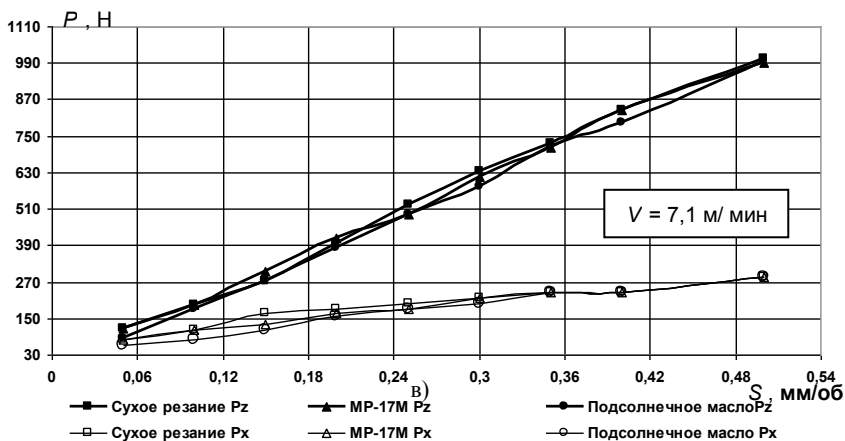
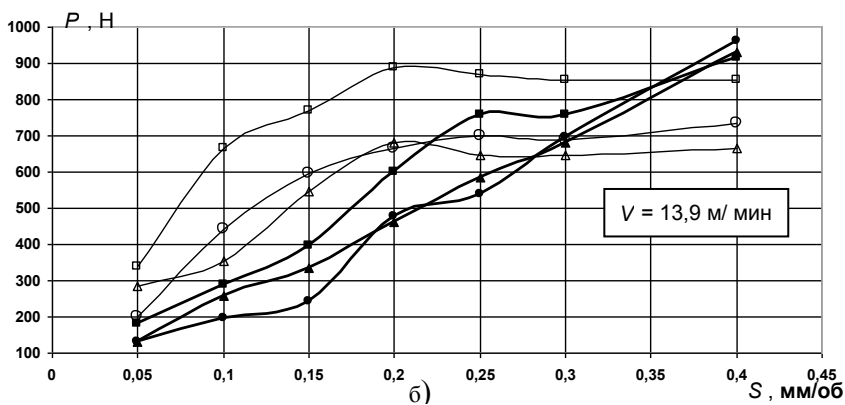
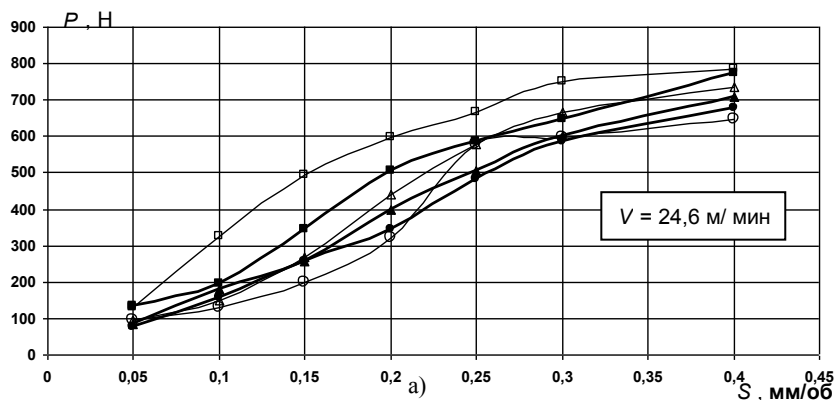


Рисунок 3 – Влияние СОТС на силы резания P_z и P_x при свободном точении: (Р6М5, $t = 1,75$ мм): а) сталь 45; б) сталь 08Х18Н10Т; в) титановый сплав ВТ1-0.

2. Растительные масла, оказавшиеся в моделирующих экспериментах по трению наиболее эффективными в плане снижения сил трения остаются такими и при резании. Так, рапсовое масло при свободном течении конструкционной стали обусловило развитие более низких значений сил резания, чем подсолнечное и касторовое масла. В экспериментах по определению адгезионных характеристик значения силы трения в присутствии рапсового масла также были минимальными.

3. Касторовое масло, заметно снижавшее значение силы трения в моделирующих экспериментах, при резании оказалось малоэффективным, что по видимому связано с высокой вязкостью касторового масла затрудняющей проникновение смазочного материала в контактную зону.

4. При точении титанового сплава СОТС слабо влияет на изменение сил резания ввиду высокого уровня контактных нагрузок. Ожидаемого по результатам моделирующих экспериментов существенного увеличения сил резания при подаче минерального масла замечено не было. Тем не менее возрастание значений осевой составляющей P_x на уровне 8-ми процентов может отражать усиление адгезионных процессов.

Таким образом, проведенные исследования позволяют определить следующие выводы:

- действие растительных масел на контактные и деформационные процессы при резании, проявляемые через сокращение длины контакта стружки с передней поверхностью инструмента, снижение значений коэффициента усадки стружки и сил резания наиболее выражено при обработке конструкционных и коррозионно-стойких сталей. При этом эффективность масел коррелирует с результатами моделирующих экспериментов по трению, что отражает возможности проявления смазочных свойств растительных масел, связанных с их проникновением на контактные поверхности инструментов, работающих на заниженных режимах резания.

- при обработке же титановых сплавов вследствие высоких контактных нагрузок условия для проникновения масел, в том числе и растительных осложняются и эффекты, обнаруженные при трении не находят прямого отражения.

Список использованных источников: 1. Якубов Ч.Ф. Повышение износостойкости быстрорежущих инструментов путем направленной трансформации их исходных свойств: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Ч. Ф. Якубов– Х., 2004. – 153 с. 2. Schmidt H.-G. Komplexester aus pflanzlichen Ölen / Schmidt H.-G. – Esslingen, 1994. – pp.2.2-1 – 2.2-9 (9th International Colloquium; Vol II). 3. Алиев А.И. Влияние масел растительной природы на адгезионные процессы при различных температурах / А.И. Алиев, Ч.Ф. Якубов // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2002. – Вып. 61. – С. 3–5. 4. Алиев А.И. Оценка эффективности растительных масел по адгезионным характеристикам контакта / А.И. Алиев, Ф.Я.Якубов, А.С. Вавулицкий // Сучасні технології у машинобудуванні: До ювілею Ф.Я. Якубова. Зб. наук. статей. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – С. 17–22.

Поступила в редколлегию 14.06.2012