

Эффективность применения поверхностно-активных СОСТ для обработки жаропрочных материалов

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Ключевые слова: обрабатываемость жаропрочных материалов, поверхностно-активные технологические смазки, механическая обработка, скорость резания, подача, глубина, геометрические параметры заточки, стойкость инструмента, точение, сверление, нарезание резьбы

Ключові слова: оброблюваність жароміцних матеріалів, поверхнево-активні технологічні мащення механічна обробка, швидкість різання, подача, глибина, геометричні параметри заострювання, стійкість інструментна, точіння, свердління, різьба.

Key words: heat-resisting machinability, surfactant technological lubricants, machining, cutting speed, feed, depth, cutter grinding geometrical parameters, tool life, turning, drilling, thread cutting

Введение

Механизм резания металлов является сложным процессом, который включает такие составляющие как пластическая деформация обрабатываемого материала, трение, изнашивание и разрушение, протекающие в зоне контакта инструмента и заготовки.

Для двух контактирующих тел, сила трения, без смазочного материала, является суммой всех тангенциальных сил, возникающих в пятнах контакта при перемещении одного тела относительно другого. Тангенциальные силы в пятнах контакта, при этом складываются из адгезионных сил, возникающих за счет химических (металлических) связей в «мостиках сварки»; сил сопротивления сдвигу при пластической деформации выступающих микронеровностей на поверхности тела (дислокационный и диффузионный механизмы) и пластической деформации поверхностного слоя (краудсионный механизм); сил сопротивления скалыванию микронеровностей для материалов, склонных к хрупкому разрушению.

При наличии в зазоре между трущимися поверхностями дополнительной среды наблюдается существенное перераспределение доли перечисленных сил в суммарной силе трения. Так, к примеру, адгезионное взаимодействие практически исчезнет, а силы сопротивления двух последних типов значительно снижаются благодаря эффекту Ребиндора [1]. Однако к общей силе трения добавляются силы сопротивления сдвигу при пластической деформации или пластическом течении этой среды.

Применение смазывающе-охлаждающих технологических сред (СОТС) способствует снижению изнашивания режущего инструмента, улучшению качества обрабатываемой поверхности и повышению производительности труда. Достигается это путем выбора компонентов основы СОСТ для определённых операций механообработки, а также для соответствующих трущихся пар материалов инструмент-деталь.

Основная задача СОСТ – уменьшение процессов «схватывания», задиров, фрикционного нагрева и сил трения в процессе резания при перемещении стружки и обрабатываемого материала с инструментом.

С целью повышения эффективности СОСТ рекомендуется [1] в состав вводить различные поверхностно активные и в том числе химически активные

присадки. Присадки содержащие S , CL , P , J , F , применяют в вводных и масляных СОСТ при обработке высоколегированных сталей, сплавов и других труднообрабатываемых материалов а также для тяжелых режимов резания при сверлении, нарезании резьбы, протягивании, зубообработке, для профильного шлифования.

Поверхностно-активные технологические смазки НМ-1, НМ-1Ж

Присадки содержащие S , CL , P обладают хорошими противозадирными и противоизносными свойствами. Они особенно эффективны при обработке высоколегированных сталей, содержащих хром и никель, труднообрабатываемых материалов на основе молибдена и титана. При одновременном использовании нескольких активных элементов возможен (синергизм) совместное действие, в этом случае эффективность использования многокомпонентных присадок может быть выше, чем при простом сложении действия отдельных компонентов.

В настоящей работе приводятся результаты сравнительных испытаний по обрабатываемости жаропрочных, высокопрочных сталей и сплавов химический состав и физико-механические свойства, которых указаны в табл. 1 и 2, с использованием вновь разработанных СОСТ в Украинском научно-исследовательском институте авиационной технологии, которые содержат в своем составе присадки S , CL (авт. свид. СССР № SU 1345620 кл. С., 1968, авт. свид. СССР № SU 1422662, 1968 г.). Химический состав смазок приведен в таблице 3.

Приготовление технологической смазки НМ-1 производится следующим образом. В минеральное масло при перемещении загружали канифоль в расчетном количестве, довели температуру до 120°C и добавляли при перемешивании расчетное количество стеарина. Затем, повысив температуру до 150°C , вводили серу при перемешивании, охлаждали до 130°C и добавляли мыло, доводя массу до визуального гомогенного состояния, после чего формировали брикеты (типа карандашей) диаметром 20 мм и длиной 150 мм.

Перед испытаниями смазку каждого из указанных составов наносили на режущие кромки инструментов (сверл, метчиков и т.д.), натирая их вручную.

Смазку НМ-1Ж готовят по следующей технологии. После дозирования расчетных количеств компонентов минеральное масло нагревали до 100°C , вводили в него стеарин и канифоль, перемешивали, нагревали смесь до $140-160^{\circ}\text{C}$, вводили серу, перемешивали, охлаждали смесь до $115-125^{\circ}\text{C}$, добавляли мыльную стружку, гомогенизировали смесь, вводили в нее хлорамин, перемешивали, охлаждали смесь до $25-30^{\circ}\text{C}$, разбавляли ее олифой и окончательно гомогенизировали, затем фасуют её в тубики (типа зубная паста).

Исследование процессов механической обработки

В данной работе приводятся результаты исследований обрабатываемости следующих материалов: 12X18H9T; ВНС-2(X15H5Д2); ЭП-33(10X11H23ТЗМР), ЭП-718, ЭП-817, ЖС-3 с использованием при этом различных технологических смазок.

Точение. Точение осуществлялось резцами из ВК8 заточенными и доведенными алмазным кругом с геометрическими параметрами заточки: передний угол $\gamma=5:10$; задний угол $\lambda=8:12$; угол в плане $\varphi=45^{\circ}$, дополнительный $\varphi_1=15^{\circ}$ и угол $\lambda=0$

Эксперименты проводились при подаче $S=0,2\text{мм/об}$ и глубине резания $t=1\text{мм}$. Охлаждение в зону резания подавалось методом свободного полива $10\div 12\text{л/мин}$, смазка НМ-1Ж наносится на режущую кромку периодически.

По результатам экспериментальных данных в логарифмической системе координат построены графики зависимости стойкости T от скорости резания V (Рис.1).

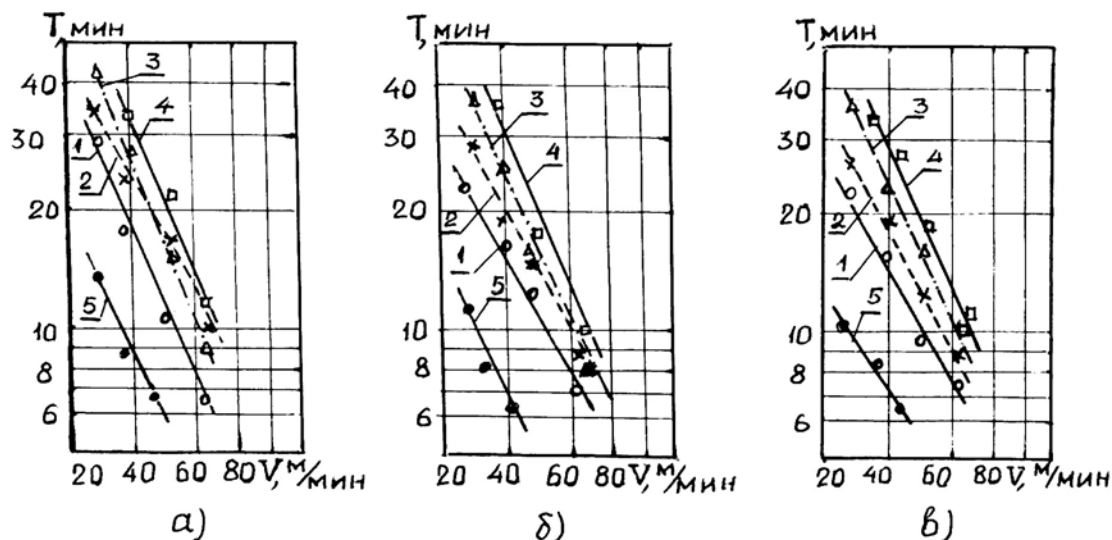


Рис. 1 Зависимость стойкости резцов из твердого сплава ВК8 от скорости резания при точении сталей: а) 12X18H9T; б) ВНС-2; в) ЭП-33, где: 1-5% эмульсия Укринол-1; 2-20% эмульсия Аквол-11; 3-жидкая смазка НМ-1Ж; 4-эмульсия МР-99; 5-без охлаждения.

При точении стали ЭП-33 (10ХН23ТЗМР) без охлаждения резец изнашивается по задней поверхности наиболее интенсивно. Это видно на графике (рис.2) полученном по результатам экспериментальных данных.

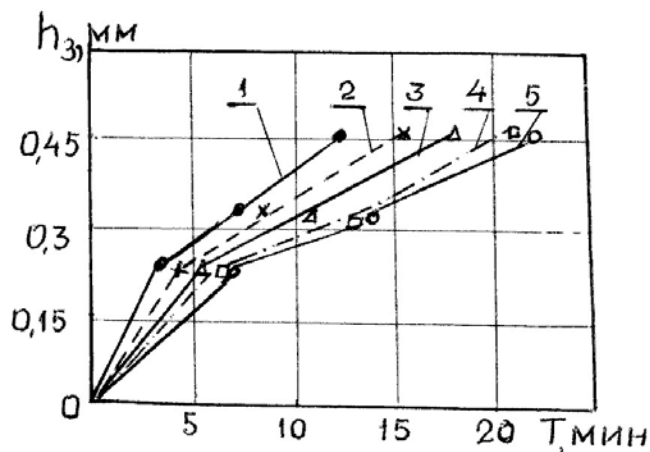


Рис. 2 Зависимость износа резца из ВК8 по задней грани h_3 от продолжительности точения стали ЭП-33 с различными СОСТ: 1 - без охлаждения; 2 - 5% эмульсия Укринол-1; 3 - 20% эмульсия Аквол-11; 4 - смазка НМ-1Ж; 5 - эмульсия МР-99.

Использование поверхностно-активных смазок дает значительное возрастание времени работы резца, а так же позволяет снизить степень и глубину

наклепа обработанной поверхности и улучшить ее шероховатость результаты экспериментальных данных по указанным параметрам представлены на рис.3.

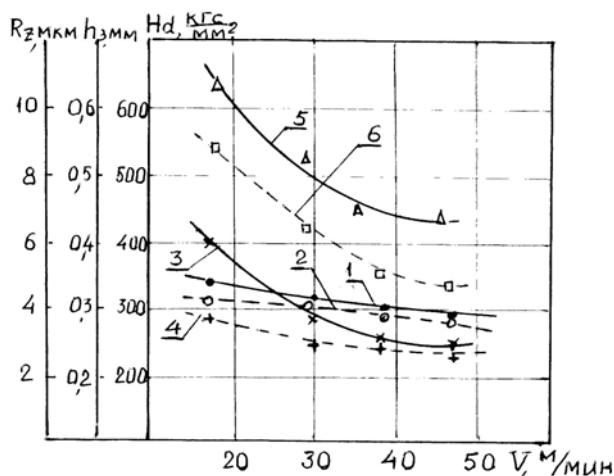


Рис. 3 Рис. Зависимость микронеровности поверхности H_d , глубины наклепа h и высоты микронеровностей R_z от скорости резания при точении стали ВНС-2. 1 - H_d без охлаждения; 2 - H_d с охлаждением; 3 - h без охлаждения; 4 - h с охлаждением; 5 - R_z без охлаждения; 6 - R_z с охлаждением.

Проводились исследования по определению зависимости стойкости резцов для различных значений скорости резания V , глубины t и подачи S . Для принятого критерия износа по задней поверхности $h_3 = 0,3$ мм в логарифмической системе координат построены зависимости $T=f(V)$; $T=f(S)$ и $T=f(t)$ (Рис. 4)

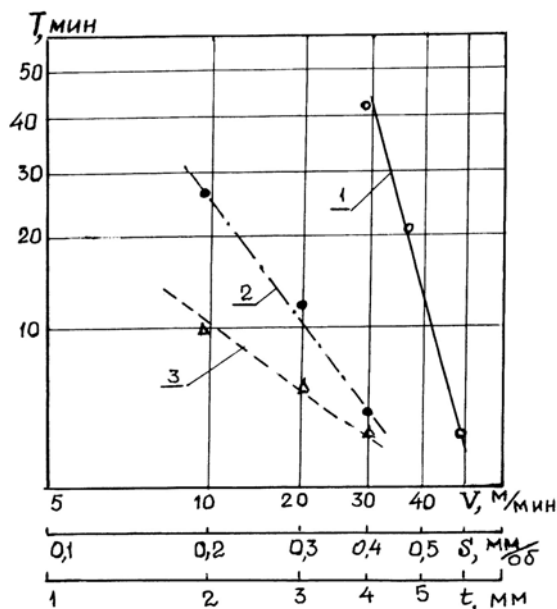


Рис. 4. Зависимость стойкости резцов ВК-8 от режимов резания при точении ЭП-33:
1 - $T=f(V)$ при $S=0,2$ мм/об, $t=1$ мм; 2- $T=f(V)$ $V=30$ м/мин, $t=1$ мм; 3 - $T=f(V)$ при $V=30$ м/мин, $S=0,2$ мм/об.

На основании этих зависимостей было выведено аналитическое уравнение для расчёта рациональных значений параметров режима резания:

$$T = \frac{8.5 \cdot 10^4}{V^{2,8} \cdot S^{2,1} \cdot t^{0,81}}$$

Данная зависимость справедлива при:

$$V = 20 \div 50 \text{ м/мин}; \quad S = 0,1 - 0,3 \text{ мм/об}; \quad t = 1 \div 3 \text{ мм};$$

Анализ полученных данных представленных на рис. 4, позволяет сделать вывод о том, что наибольшее влияние на стойкость резцов оказывает скорость резания V и несколько слабее подача S .

На основании приведенных экспериментов можно рекомендовать для чистового точения максимальные значения скорости резания $V = 30 \div 45 \text{ мм/мин}$; при минимальных подачах S и глубине резания t . Черновую обработку, необходимо вести на минимальной скорости V и максимальных подачах $S = 0,2 \div 0,35 \text{ мм/об}$ и глубине резания до $3 \div 4 \text{ мм}$.

При точении жаропрочной стали ЭП-33(10ХН23Т3МР) без применения смазок резец изнашивается по задней поверхности наиболее интенсивно (рис. 2). Использование растворов Укринол-1, Аквол-11 и смазок МР-99, НМ-1Ж приводит к значительному снижению интенсивности износа. Применение водных растворов Укринол-1 и Аквол-11 повышает стойкость инструментов в 1,7 раза по сравнению с обработкой без охлаждения, а применение смазок МР-99 и НМ-1Ж в 2,5 раза. Анализ экспериментальных данных показывает, что при точении жаропрочных сталей с использованием технологических смазок, особенно с поверхностно-активными добавками, может быть повышена скорость резания почти в 2,5 раза и производительность обработки.

Нарезание резьбы. Стойкостные исследования процесса нарезания резьбы с применением различных марок смазок проводились с использованием стандартных метчиков из инструментальной стали Р9К5 по ГОСТ 1604-71 при условии, когда $h < 0,8d$. При условии когда $h > 0,8d$ использовались метчики по ГОСТ 1.52049-75.

На основании экспериментальных данных был построен график зависимости относительной стойкости ($n_{раз}$) от скорости резания V с использованием различных марок СОСТ рис. 5 и диаграмма повышения стойкости метчиков (рис. 6) в случае использования смазки НМ-1Ж в сравнении с ранее применяемой олеиновой кислотой.

Анализ результатов исследований по использованию, на операциях нарезания резьбы, в деталях из жаропрочных труднообрабатываемых материалов технологических смазок НМ-1, НМ-1Ж позволяет существенно повысить стойкость инструмента в 3-5 раз и производительность обработки, при равных технологических условиях.

Сверление. Процесс сверления в сравнении с другими процессами механической обработки, характеризуется, сильно осложняющими особенностями, такими как:

- сравнительно низкая жесткость инструмента (особенно при сверлении мелких отверстий);

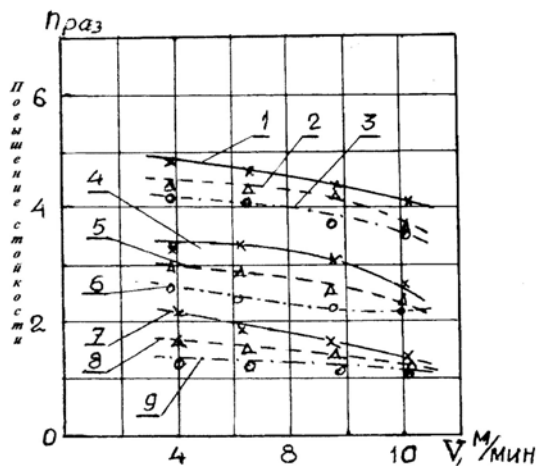


Рис. 5. Зависимость относительной стойкости (n раз) от скорости нарезания резьбы при использовании различных СОСТ:
 1 – ЖС-3; 2 – ЭП 33; 3 – ЭП 718, со смазкой НМ -1Ж; 4 – ЖС-3; 5 – ЭП-33; 6 – ЭП-718, со смазкой МР – 99; 7 – ЖС-3; 8 – ЭП-33; 9 – ЭП-718, с олеиновой кислотой.



Рис. 6. Диаграмма повышения стойкости метчиков с использованием смазки НМ-1Ж для различных материалов: 1 – 30ХГСА; 2 – Х18Н9Т; 3 – ВНС-2; 4 – ЭП – 3; 5 – ЭП-718; 6 – ЖС-3.

- сложность отвода стружки из зоны резания, что увеличивает количество тепла;
- низкие скорости резания, характерные для поперечной кромки с отрицательным передним углом;
- уменьшение переднего угла и скорости резания от периферии к центру сверла, что создает весьма неоднородные поля деформации по длине режущих кромок;
- затруднение подвода в зону резания технологических смазок, что снижает эффективность их применения.

В литературе [1,2,3] содержатся рекомендации по снижению отрицательного влияния указанных факторов на обрабатываемость путем применения при сверлении поверхностно-активных технологических сред, позволяющих снижать температуру в зоне резания, и улучшать противозадирочные и противоизносные явления.

Ниже приведены результаты исследования влияния смазок на обрабатываемость при сверлении применения: эмульсол Т (эмульсия

стандартного состава); олеиновая кислота; МР-99; смазок НМ-1 и НМ-1Ж. Эмульсол T в зону резания подавалась поливом, а олеиновая кислота, НМ-1 и НМ-1Ж наносились на режущие кромки сверла периодически. Геометрические параметры сверл принимались оптимальными и имели следующую заточку для ВК8 передний угол $\gamma=5\div 10^\circ$; задний угол $\xi=8-12$, угол в плане $\varphi=125\div 130^\circ$, угол $\psi=55^\circ$; для Р9К5 передний угол $\gamma=18\div 12^\circ$; задний угол $\xi=12\div 15^\circ$ угол в плане $\varphi=130\div 135^\circ$, угол $\psi=55^\circ$.

Основные результаты исследования представлены на рис. 7 и 8. При сверлении сталей ЭП-718 и ЭП-817 инструментами из быстрорежущей стали Р9К5 и с цельнопрессованной рабочей частью из твердого сплава ВК8. Наиболее низкие значения стойкости T получены при использовании в качестве СОТС эмульсола T (эмульсии стандартного состава).

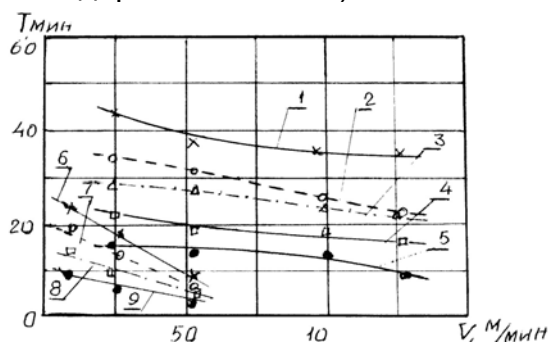


Рис. 7. Зависимость $T=f(V)$ при сверлении стали ЭП-718 инструментом из ВК-8 с применением СОТС: 1 – НМ-1Ж; 2 – НМ-1М; 3 – МР-99; 4 – олеиновая кислота; 5 – эмульсол T ; для инструментов из стали Р9К5: 6 – НМ-1МЖ; 7 – НМ-1; 8 – олеиновая кислота; 9 – эмульсол T .

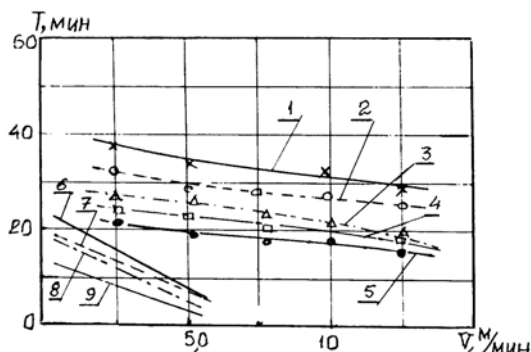


Рис. 8. Зависимость $T=f(V)$ при сверлении стали ЭП-718; для инструментов из ВК-8 с применением СОТС: 1 – НМ-1Ж; 2 – НМ-1; 3 – МР-99; 4 – олеиновая кислота; 5 – эмульсол T ; для инструмента из стали Р9К5: 6 – НМ-1МЖ; 7 – НМ-1; 8 – олеиновая кислота; 9 – эмульсол T .

Анализ результатов сверления жаропрочных сплавов (табл.4) свидетельствует о том, что в случае применения технологических смазок МР-99, НМ-1 и НМ-1Ж можно гарантированно получить значительный эффект (в 3-5 раз) как по стойкости, так и по скорости резания. Применение же водного раствора эмульсола T незначительно повышает стойкость T и скорость резания V . Следовательно, это подтверждает гипотезу о том, что наличие в технологических смазках НМ-1 и НМ-1Ж поверхностно-активных добавок серы и хлора оказывает существенное значение на снижение противозадирочных свойств, а также проявляется явление синергизма, т.е совместное действие активных добавок.

Таблица 4

Эффективность применения СОСТ при сверлении жаропрочной стали
ЭП-817(1) и ЭП-718(2)

Марка СОСТ	Материал режущей части	Стойкость T, мин, при				Повышение стойкости (сравнение со стандартной эмульсией) в n раз, при скорости			
		V=2 м/мин		V=8 м/мин		V=2м/мин		V=8м/мин	
		1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2
Эмульсол Т (стандартная эмульсия)	P9K5 BK8	5,2	5,3	- 5,1	- 5,2	1 -	1 -	- 1,0	- 1,0
Олеиновая кислота	P9K5 BK8	10,1 -	7,5 -	- 9,0	- 6,5	2,0 -	1,4 -	- 1,9	- 1,3
MP-99	P9K5 BK8	15 -	11,2 -	- 14,9	- 13	2,9 -	2,1 -	- 2,9	- 25
HM-1	P9K5 BK8	18 -	16 -	- 24	- 24	3,6 -	3 -	- 4,6	- 4,6
HM-1Ж	P9K5 BK8	23 -	24 -	- 27	- 28	4,5 -	4,4 -	- 5,3	- 5,4

Выводы

1. Применение технологических смазок содержащих в своем составе S и CL, при обработке жаропрочных материалов позволяет значительно снизить противозадирочные и противоиозносные явления и повысить стойкость инструмента в 1,5-4 раза.
2. Наиболее целесообразно применение технологических смазок HM-1 и HM-1Ж на операциях сверления и нарезания резьбы, на которых достигается повышение стойкости инструмента в 2-4 раза.
3. Анализ стойкостных зависимостей при обработке жаропрочных материалов указывает на то, что наибольшее влияние на стойкость инструмента, и качества обработанной поверхности оказывает скорость резания V.

Список литературы

1. Энтелис С.Г., Берлинер Э.М., Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием. Справочник. М. Машиностроение. 1986 с.351.
2. Оптимизация процессов резания жаро-и особопрочных материалов. Межвузовский тематический научный сборник. Уфа. 1984. с. 178.
3. Петруха П.Г. Обработка резанием высокопрочных коррозионностойких и жаропрочных сталей. М. Машиностроение. 1990. с 167.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Мамлюк, авиационный техникум, Киев

Поступила в редакцию 20.02.09.