

STUDY ON THE LUBRICATING FILM FORMATION OF COOLANT WHEN MACHINING TITANIUM ALLOYS AND HEAT-RESISTANT

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СМАЗЫВАЮЩЕЙ ПЛЕНКИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЖАРОПРОЧНОГО И ТИТАНОВОГО СПЛАВОВ

A.P. Rechenko D., Titov Y., Balova D.

Department of cutting machines and tools, OmSTU, Omsk, Russian Federation

Аннотация: Проблемы, возникающие в процессе резания авиационных материалов, вызывают необходимость комплексного исследования процесса обработки с применением смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), разработку методов определения эффективности СОЖ и методов подачи в зону резания, с учетом обрабатываемого материала, режимов обработки и режущего инструмента, с целью увеличения ресурса инструмента, производительности и точности обработки. Конечно, это вызывает дополнительные технологические трудности, так как существует большое количество видов и марок СОЖ. Учет влияния всех факторов в комплексе можно, задавшись условиями ограничения.

Существующие взгляды сводятся к тому, что СОЖ в процессе резания оказывает смазывающее и охлаждающее, диспергирующее и моющее действия. В процессе резания металлов химически активные поверхности режущего инструмента и стружки входят в реакцию с компонентами смазочной среды. Данная гипотеза развивается специалистами по трению и резанию металлов [1, 2, 3, 4].

Наибольший интерес влияния СОЖ вызывает обработка авиационных материалов, так как данная область наиболее востребована в повышении и сохранении качества обработки. В авиационных двигателях широко применяют сплавы ХН60ВТ (ВЖ98, ЭИ868), ХН50ВМТЮБ (ЭП648), ХН68ВМТЮК (ЭП693), ХН56ВМТЮ (ЭП199), ХН73МБТЮ (ЭИ698), ХН77ТЮР, ВТ8, ВТ3-1, ВТ9, ВТ8, ВТ8М, ВТ18У и т.д. В данной работе рассматривались жаропрочный сплав на никелевой основе ХН77ТЮР и титановый сплав ВТ3-1, являющихся яркими представителями своих групп материалов.

В некоторых работах приводятся положения об отрицательном влиянии СОЖ на процесс резания, которое связано с особенностями образования пленки и ее проникающего действия. Механизм образования пленки и ее проникающее действие при резании остается предметом исследований. Проникновение СОЖ в клиновидный зазор между стружкой и поверхностью режущего инструмента происходит из-за капиллярного эффекта [4]. По некоторым данным при низких и средних скоростях обработки контакт стружки с резцом имеет точечный характер 0,5-1 мкм, что обеспечивает эффективное и постоянное поступление СОЖ и ее паров.

Проникающая способность СОЖ характеризуется толщиной пленки h и имеет зависимость:

$$h = \eta \frac{S \cdot V}{F},$$

где η – абсолютная вязкость масла, Н·с/м²; S – площадь соприкосновения трущихся тел, м²; V – скорость перемещения трущихся поверхностей, м/с; F – сила жидкостного трения, Н.

При этом должна соблюдаться закономерность:

$$h_{\min} \geq 1,5(\delta_1 + \delta_2),$$

где δ_1 и δ_2 – максимальные высоты выступов на поверхностях трения, обеспечивающие устойчивое и надежное жидкостное трение.

При высоких скоростях обработки, контакт стружки с резцом имеет сплошной характер, поэтому проникновение СОЖ возможно лишь в парообразном состоянии или при значительном давлении струи.

Проникающее действие СОЖ зависит от ее физических свойств (вязкость, плотность, химическая активность и т.д.) и от способа подвода ее в зону резания. По

последним исследованиям установлено, что эффективность смазывающего действия усиливается при подаче СОЖ под давлением, так как это повышает проникающую способность струи или жидкости в распыленном состоянии. Значительное повышение давление свыше 10 бар позволяет производить эффективное стружкодробление и ее отвод.

По некоторым данным, проникающая способность зависит от размера молекул СОЖ. Молекулы олеиновой кислоты имеют длину органической цепи 19 Å, а молекулы таких соединений, как H₂S, SO₂, ClO₃, CCl₄, имеют длину связей атомов 1,5-2 Å, вследствие чего являются более эффективными [4].

Общие представления влияния СОЖ на процесс резания сводятся к тому, что в некоторых зонах происходит искажение кристаллической решетки обрабатываемого материала, за счет его охрупчения вследствие резкого перепада температур. При этом возникает и смазывающее действие за счет образования защитных пленок. Конечным проявлением смазывающего действия является уменьшение работы сил трения и повышение стойкости режущего инструмента.

Исследование толщины пленки проводились на машине трения ИИ5011.

Для проведения исследований применялись следующие марки СОЖ:

1) Водоземulsionные СОЖ с концентрацией 10% марок: Смальта-3, Смальта-3*EP, Смальта EP, Биосил М, Addinol WN430, Blasocut 2000, Blasocut 4000, Emulcut 100, Росойл-500, Укринол-1М, Аквол-6, Mobilcut 140 и 1,5% водный раствор кальцинированной соды (1,5% в.р.к.с.);

2) Синтетические СОЖ с концентрацией 10% марок: Биосил С, Экол-3, Isogrind-130EP, Акремон-Д-1, Конкрепол-ВЦ, а также полусинтетическая СОЖ Смальта-11;

3) Масляные СОЖ, масла и основы масляных СОЖ: жидкий парафин (Ж.П.), РЖ8У, ПС-28, И-40А, И-20А, И-12А, И-5А, Льняное масло, Масло Б-3В, Г.К., МР-1У, МР-3, МР-7, МБХ-5, Полигликоль, Эфир Т.

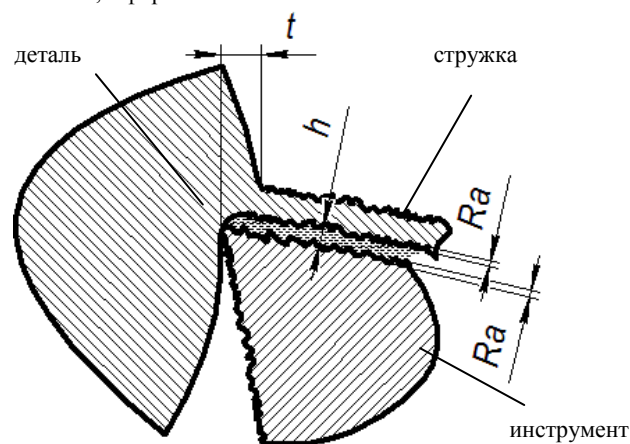


Рис. 1. Схема действия СОЖ при резании

Ниже приведены зависимости толщины смазочной пленки h от кинематической вязкости СОЖ μ и зависимости коэффициента трения $K_{тр}$ от толщины смазочной пленки h для пар трения ХН77ТЮР – ВК8 (Рис. 2 и 3) и ВТЗ-1 – ВК8 (Рис. 4 и 5).

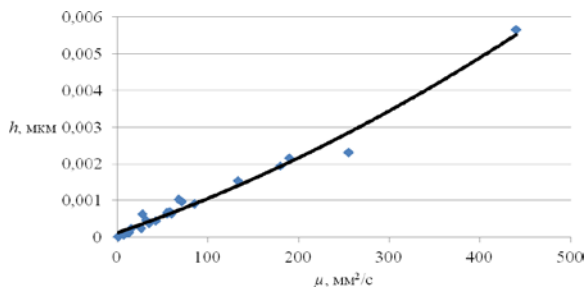


Рис. 2. Зависимость толщины смазочной пленки от кинематической вязкости СОЖ для пары трения ХН77ТЮР – ВК8

Зависимость толщины смазочной пленки от кинематической вязкости СОЖ для пары трения ХН77ТЮР – ВК8 имеет вид:

$$h = 9 \cdot 10^{-9} \cdot \mu^2 + 10^{-5} \cdot \mu, \text{ при достоверности аппроксимации } R^2 = 0,977.$$

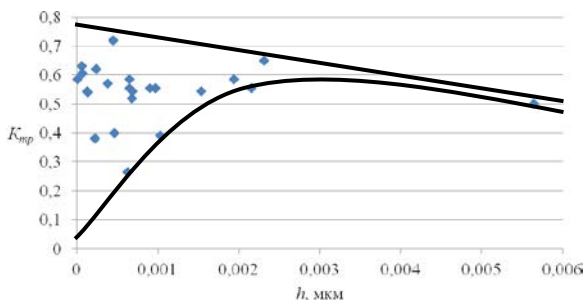


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от толщины смазочной пленки для пары трения ХН77ТЮР – ВК8

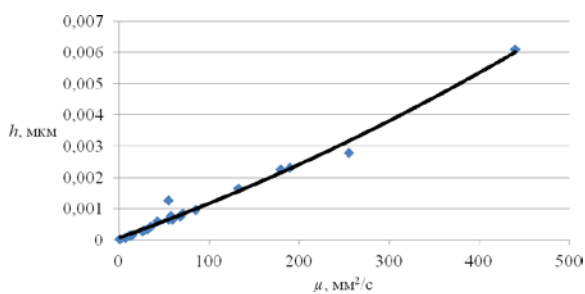


Рис. 4. Зависимость толщины смазочной пленки от кинематической вязкости СОЖ для пары трения ВТЗ-1 – ВК8

Зависимость толщины смазочной пленки от кинематической вязкости СОЖ для пары трения ВТЗ-1 – ВК8 имеет вид:

$$h = 7 \cdot 10^{-9} \cdot \mu^2 + 10^{-5} \cdot \mu + 7 \cdot 10^{-5}, \text{ при достоверности аппроксимации } R^2 = 0,985.$$

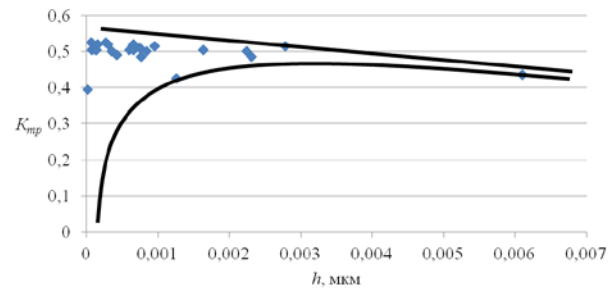


Рис. 5. Зависимость коэффициента трения от толщины смазочной пленки для пары трения ВТЗ-1 – ВК8

Как видно из представленных зависимостей с увеличением кинематической вязкости увеличивается толщина смазочной пленки и уменьшается коэффициент трения. На зависимостях коэффициента трения от толщины смазочной пленки показана ограниченная область, показывающая диапазон изменения коэффициента трения от толщины смазочной пленки. Как видно из зависимостей с увеличением смазочного слоя до 0,002 мкм и более диапазон коэффициентов трения значительно сужается, что говорит о большей стабильности работы пар трения.

Ссылка

1. Химушин Ф. Ф. Жаропрочные стали и сплавы. — М.: «Металлургия», 1969.
2. Колачев Б.А., Полькин И.С., Талалаев В.Д. Титановые сплавы разных стран. Справочник. М.: ВИЛС, 2000. 316 с.
3. Ильин А.А., Колачев Б.А., Полькин И.С. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства. Справочник. М.: ВИЛС МАТИ, 2009. 520.
4. Латышев В.Н. Повышение эффективности СОЖ. - М.: Машиностроение, 1975.