

**Н.К. Толочко**, доктор физико-математических наук, профессор  
**К.Л. Сергеев**, аспирант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск*

## **ЗАВИСИМОСТЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ВОДОМАСЛЯНЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ СМАЗОЧНО- ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ОТ ДИСПЕРСНОСТИ**

**Аннотация.** Рассмотрены характерные зависимости функциональных свойств водомасляных эмульсионных смазочно-охлаждающих жидкостей от дисперсности. Показано, что причины этих зависимостей связаны с соответствующим влиянием дисперсности на физико-химические свойства жидкостей.

Важнейшим условием реализации современных технологий обработки металлов резанием является применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) [1]. Существуют разные виды СОТС. Все они создают в зоне резания особую технологическую среду, с которой находятся в состоянии активного физико-химического взаимодействия поверхности режущего лезвия инструмента, стружки и обрабатываемой заготовки и от которой зависят характер и интенсивность процессов, протекающих на контактных поверхностях инструмента. Целенаправленное применение СОТС позволяет существенно повысить стойкость инструмента, производительность труда, улучшить параметры режима резания, качество и эксплуатационные свойства обработанных поверхностей и санитарно-гигиенические условия труда. Среди применяемых СОТС свыше 95 % составляют смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) [2]. Из них особенно широкое распространение получили водомасляные эмульсионные СОЖ.

Важность роли СОЖ при обработке металлов резанием обусловлена их функциональными свойствами: смазывающим, охлаждающим, моющим и режущим. Эти свойства проявляются в соответствующих действиях СОЖ на процесс резания [1–3].

Смазывающее действие СОЖ заключается в уменьшении трения рабочих поверхностей инструмента о стружку и обрабатываемые поверхности заготовки, а также в предотвращении явлений схватывания. Охлаждающее действие состоит в отводе теплоты из зоны резания и, как следствие, понижении температуры нагрева инструмента и заготовки. Моющее действие СОЖ сводится к удалению стружки и продуктов износа инструмента из зоны резания. Под режущим (диспергирующим)

действием СОЖ понимается уменьшение сил, необходимых для пластической деформации и разрушения срезаемого слоя, то есть облегчение процесса резания.

Функциональные свойства СОЖ существенно зависят от их физико-химических свойств, прежде всего, вязкости, смачивающей и проникающей способности [4]. В целом физико-химические свойства проявляются у СОЖ так же, как и у любых других жидкостей: вязкость выражается в сопротивлении перемещению одной части жидкости относительно другой; смачивающая способность – в растекании жидкости по твердой поверхности; проникающая – в проникновении жидкости в несплошности (трещины, поры) твердого тела или в зазоры между твердыми телами. Вместе с тем в характере проявления физико-химических свойств у СОЖ в случае их использования при обработке металлов резанием имеется ряд особенностей, которые обусловлены не только действием СОЖ на процессы резания, но и взаимосвязью самих этих свойств.

Необходимое условие для проявления всех видов функциональных действий СОЖ – проникновение жидкости в зону трения, поскольку отсутствие достаточного количества жидкости в этой зоне делает эти действия несущественными. Поэтому СОЖ должна обладать высокой проникающей способностью. Требования к повышению проникающей способности СОЖ становятся наиболее значительными при развертывании, резьбонарезании, протягивании и некоторых других видах обработки металлов резанием, для которых подвод СОЖ в зону резания оказывается затрудненным [1].

Проникающая способность СОЖ повышается при увеличении смачивающей способности и уменьшении вязкости. Если высокая проникающая способность является необходимым условием для проявления функциональных действий СОЖ, то высокая смачивающая способность способствует тому, чтобы эти действия были более эффективными.

Для того чтобы обеспечивалось смазывающее действие СОЖ, необходимо, чтобы на поверхностях заготовки и режущего инструмента образовывалась сплошная смазочная пленка, что всецело зависит от степени смачивания [1]. Высокая смачивающая способность СОЖ способствует тому, что смазочная пленка в силу большого молекулярного сродства с материалом заготовки или инструмента не вытесняется высоким давлением, возникающим между соприкасающимися поверхностями в процессе резания [3].

Чем лучше СОЖ смачивает поверхность, тем больше эффективная площадь теплопереноса при охлаждении, то есть тем лучше жидкость поглощает и отводит тепло, понижая тем самым температуру контактных поверхностей и стружки [1, 3]. Если смачивание поверхности плохое,

то у поверхности возможно образование парового слоя, который резко ухудшает теплоотвод [1].

Моющее действие СОЖ будет эффективным только тогда, когда жидкость хорошо смачивает частицы стружки и шлама [1].

Вязкость СОЖ, как отмечалось выше, влияет на ее проникающую способность, которая повышается с уменьшением вязкости. Вместе с тем высокая вязкость обеспечивает лучшее смазывающее действие [5]. Кроме того, высокая вязкость снижает вибрацию режущего инструмента. С повышением вязкости ухудшаются моющее и охлаждающее действия СОЖ. Вязкость оказывает особенно сильное влияние на охлаждающее действие СОЖ в условиях конвективного теплообмена [3].

Таким образом, возникает необходимость выбора оптимальных физико-химических свойств СОЖ, которые могли бы обеспечивать требуемые функциональные свойства с учетом особенностей тех или иных видов обработки металлов резанием.

Физико-химические свойства СОЖ зависят от их состава. В случае водомасляных эмульсионных СОЖ они определяются, прежде всего, химическим составом и концентрацией масляной фазы. Также они могут зависеть от дисперсности масляной фазы СОЖ.

Особый интерес представляет рассмотрение влияния дисперсности СОЖ на ее режущее действие. Это действие обусловлено адсорбционным воздействием непосредственно на ювенильную поверхность срезаемого металла и состоит в том, что ПАВ, снижая поверхностную энергию металла, способствует зарождению пластических сдвигов и развитию дефектов на поверхности при значительно меньших механических напряжениях. Поверхностные дефекты представляют собой микротрещины, в которых возникают расклинивающие давления, вызываемые адсорбционными слоями проникающей в микротрещины масляной фазы эмульсии [3].

Можно предположить, что усиление режущего действия СОЖ с повышением ее дисперсности обусловлено более активным проникновением масляной фазы эмульсии в микротрещины металла в зоне резания. В случае исходной СОЖ, когда капли масла крупные, а их количество мало, одна часть микротрещин заполняется только лишь маслом, в то время как другая – только лишь водой. В случае диспергированной СОЖ, когда капли масла мелкие, а их количество велико, все микротрещины заполняются и маслом, и водой, так что в каждой из них образуются адсорбционные масляные слои, для формирования которых, с учетом их малой толщины, требуется, соответственно, малое количество масляной фазы.

Подобным образом объясняются причины влияния дисперсности СОЖ на ее смазывающее действие при лезвийной обработке [6]. При этом

предполагается, что повышение эффективности мелкодисперсной эмульсии в формировании смазочного слоя в зоне резания обусловлено более активным проникновением эмульсии в эту зону через имеющуюся в ней сеть тонких капилляров.

Моющее действие СОЖ тем больше, чем мельче удаляемые из зоны резания частицы шлама, содержащего продукты резания детали и износа режущего инструмента. Удалению частиц шлама способствует их обволакивание тонкими пленками компонентов СОЖ, разделяющими эти частицы и препятствующими их слипанию [3, 4, 7]. Усиление моющего действия СОЖ с повышением ее дисперсности обусловлено более активным обволакиванием частиц шлама масляной фазой эмульсии: чем больше в эмульсии мелких масляных капель, тем с большим числом частиц шлама они будут соприкасаться, адсорбируясь на их поверхности. Влияние дисперсности на моющее действие СОЖ может быть также вызвано изменениями поверхностных свойств масляных капель и связанными с этим особенностями процессов адгезии, смачивания и растекания [8].

Недавно нами было экспериментально показано, что с ростом дисперсности водомасляной эмульсионной СОЖ существенно повышается эффективность магнитно-абразивной обработки (МАО) [9]. Так, уменьшение среднего размера масляных капель эмульсии приблизительно в 2 раза (от 6,1 до 2,9 мкм) приводило к увеличению скорости удельного массового съема металла в 1,3 раза, относительной опорной длины профиля и суммарного пятна контакта в 1,1 раза и уменьшению шероховатости поверхности в 1,6 раза.

Несколько ранее экспериментально наблюдалось подобное влияние дисперсности СОЖ на эффективность МАО, в частности на скорость удельного массового съема металла [10]. При этом предполагалось, что оно может быть связано с явлением фильтрации СОЖ при ее прохождении через слой ферромагнитного абразивного порошка (ФАП): мелкие масляные капли, размеры которых гораздо меньше размеров пор порошка, легко проскальзывают в порах, в то время как крупные капли в них задерживаются. Как следствие, с уменьшением размеров масляных капель фильтрующее действие ФАП ослабляется, что приводит к улучшению функциональных свойств СОЖ.

В проведенных в последнее время экспериментах нами было установлено, что уменьшение среднего размера масляных капель эмульсии в 2 раза повышает кинематическую вязкость приблизительно на 10 % и на 40 % уменьшает краевой угол смачивания.

Таким образом, изменяя целенаправленно дисперсность СОЖ, можно регулировать ее физико-химические и, как следствие, функциональные свойства.

1. Виноградов, Д.В. Применение смазочно-охлаждающих технологических средств при резании металлов: учеб. пособие по курсу «Инструментообеспечение машиностроительных предприятий» / Д.В. Виноградов. – Ч.1: Функциональные действия. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 90 с.

2. Киселев, Е.С. Научные основы и технология применения смазочно-охлаждающих технологических средств при механической обработке: сб. учеб.-исслед. лаб. работ / Е.С. Киселев, В.Н. Ковальногов. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 57 с.

3. Подураев, В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов: учеб. пособие для вузов / В.Н. Подураев. – М.: Высшая школа, 1974. – 587 с.

4. Чередниченко, Г.И. Физико-химические и теплофизические свойства смазочных материалов / Г.И. Чередниченко, Г.Б. Фройштетер, П.М. Ступак. – Л.: Химия, 1986. – 224 с.

5. Киселева, Е.В. Разработка эффективной технологии приготовления смазочно-охлаждающей жидкости для обработки металлов / Е.В. Киселева // Вестник ИГЭУ. – 2010. – Вып. 2. – С. 1–4.

6. Киселева, Е.В. Повышение эффективности лезвийного резания путем механохимической активации водомасляных эмульсионных СОТС: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.07 / Е.В. Киселева; Иванов. гос. ун-т, 2011. – 20 с.

7. Бобров, В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.

8. Беспанеева, З.О. О смачиваемости поверхности твердых тел наноразмерной каплей / З.О. Беспанеева // Изв. Кабардино-Балкар. ун-та. – 2011. – Т. 1. – № 4. – С. 12–17.

9. Толочко, Н.К. Влияние дисперсности эмульсионной смазочно-охлаждающей жидкости на эффективность магнитно-абразивной обработки / Н.К. Толочко, К.Л. Сергеев // Технология машиностроения. – 2014. – № 10. – С. 31–35.

10. Сакулевич, Ф.Ю. Роль смазывающе-охлаждающих жидкостей при магнитно-абразивной обработке / Ф.Ю. Сакулевич, Н.Я. Скворчевский. – Минск: БелНИИНТИ, 1981. – 52 с.

*Поступила 22.03.2015*