

Теоретические предпосылки механической активации технологической жидкости

Е.В. Киселева, асп.

Рассмотрены вопросы регулирования свойств дисперсных систем. Предлагается специальная технология приготовления технологических жидкостей, в результате которой возможно получить высокоэффективные гомогенизированные системы. Приведены результаты исследования технологических жидкостей на дисперсность.

Ключевые слова: граничный смазочный слой, дисперсные системы, коагуляционная структура, устойчивость, вязкость.

Theoretical preconditions of mechanical activation of technological liquid

E.V. Kiseleva, Post Graduate Student

The author considers the regulating questions of disperse systems characteristics. The special technology of preparing the technological liquids is offered. As a result it is possible to receive the high effective homogenized systems. The author gives the research results of technological liquids on degree of dispersion.

Keywords: boundary lubricant layer, disperse systems, coagulation structure, stability, viscosity.

В течение многих лет ведется научная дискуссия о характере смазочного действия внешней среды в случае экстремального трения, происходящего между инструментом и обрабатываемым материалом в процессе обработки резанием. Главными пунктами этого обсуждения были, во-первых, вопросы о кинетике проникновения смазочного материала в зону очень плотного контакта этой пары трения, и во-вторых, о роли физических и химических процессов при формировании граничного смазочного слоя.

Результаты экспериментов по применению СОТС, приготовленных с помощью диспергирующей установки, подтверждают справедливость микрокапиллярной теории смазочного действия [1]. В рамках этой теории становится возможным объяснить полученные результаты тем обстоятельством, что при подаче смазочного материала в более диспергированном состоянии кинетика проникновения СОТС на контактную площадку становится более благоприятной.

Таким образом, эффективность СОТС объясняется повышением их смазочного действия за счет усиления проникающей способности и, как следствие, уменьшения коэффициента трения.

В результате применения специальной технологии приготовления СОЖ становится возможным обработка при больших нагрузках, снижается момент трения и износ (рис. 1, 2).

Одним из показателей проникающей и смазывающей способности СОТС является вязкость.

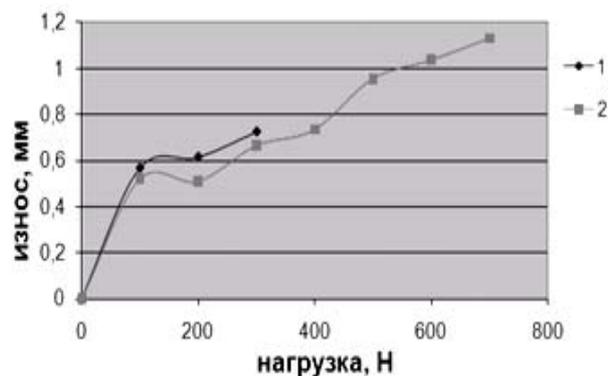


Рис. 1. Зависимость среднего диаметра пятна износа от прилагаемой нагрузки: 1 – эмульсия, приготовленная обычным механическим перемешиванием; 2 – эмульсия после специального перемешивания

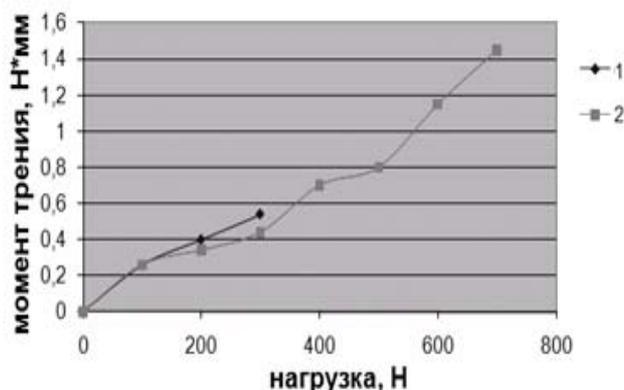


Рис. 2. Зависимость момента трения от прилагаемой нагрузки: 1 – эмульсия, приготовленная обычным механическим перемешиванием; 2 – эмульсия после специального перемешивания

Известно, что повышение вязкости смазочно-охлаждающих жидкостей затрудняет их подвод в зону резания и существенно влияет на

эффективность их действия в процессах обработки металлов резанием [2].

Динамика изменения вязкости связана с повышенной температурой в зоне обработки металлической поверхности. Отметим, что изменение вязкости технологической жидкости при повышении температуры имеет большое значение, поскольку эта зависимость выражает эксплуатационные качества готового продукта. При повышенных температурах технологическая жидкость сохраняет достаточную вязкость. Этим обеспечивается надежная смазка обрабатываемых металлических поверхностей. По мере снижения температуры вязкость технологической жидкости будет препятствовать проникающей способности.

Технологические жидкости на масляной основе имеют высокую вязкость, что обеспечивает лучшие смазывающие действия, одновременно с этим высокая вязкость снижает вибрацию режущего инструмента при обработке металлов резанием [3]. Однако высокая вязкость ухудшает моющие и охлаждающие действия технологической жидкости. Все это вызывает необходимость выбора оптимальной вязкости жидкости. Вязкость также свидетельствует о консистенции и подвижности жидкости, что необходимо знать при решении вопросов транспортирования, применения и затаривания.

Вязкость эмульсий тесно связана с присутствием поверхностных слоев на границе раздела фаз. Гомогенизация эмульсий вызывает повышение их вязкости, поскольку увеличение дисперсности внутренней фазы увеличивает межфазную поверхность раздела и способствует, таким образом, большей адсорбции эмульгатора.

Обычно изменение вязкости технологической жидкости происходит за счет повышения температуры среды. В данном исследовании изменение вязкости не было связано с изменением температуры, так как в течение всего эксперимента проводился замер температур, значение которых не превышало 20–22 °С. Определение вязкости растворов проводилось по стандартной методике при помощи лабораторного капиллярного вискозиметра.

На изучение и регулирование свойств дисперсных систем, какими являются СОЖ, в значительной степени влияет технология их приготовления, а также общие для всех дисперсных систем фундаментальные физико-химические признаки: гетерогенность, т. е. наличие поверхности раздела между фазами, и дисперсность (раздробленность). Роль этих факторов в проявлении разнообразных свойств дисперсных систем и, прежде всего, их агрегативной и седиментационной устойчивостей становится более существенной по мере увеличения дисперсности и соответствующего уменьшения размера частиц в жидкой диспер-

сионной среде. Соответственно увеличивается и свободная (избыточная) межфазная энергия, а эта энергия, как следует из принципа Гиббса-Гельмгольца, в дисперсных системах стремится самопроизвольно уменьшиться.

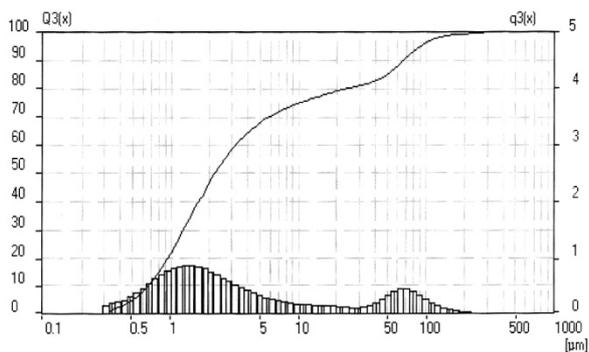
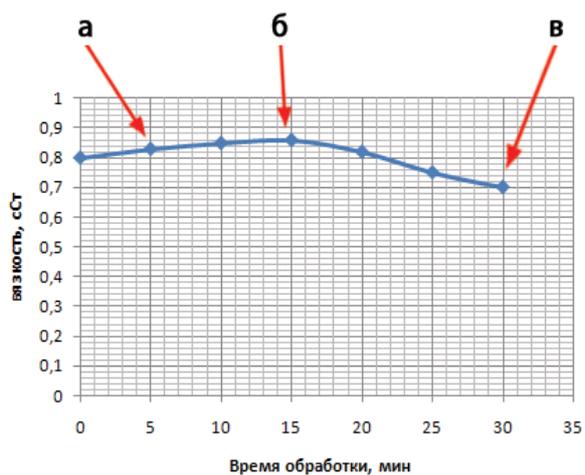
Процесс уменьшения межфазной энергии реализуется в результате коагуляции – укрупнения, слипания частиц, сопровождающегося снижением свободной поверхностной энергии за счет уменьшения удельной поверхности дисперсных фаз при возникновении контактов между частицами.

Процесс коагуляции особенно интенсивно протекает в лиофобных агрегативно неустойчивых дисперсных системах. В результате применения механической активации возможно достичь условий, при которых возникает объемная пространственная структурная сетка. Главными элементами такой структурной сетки являются контакты между частицами и сами частицы, в совокупности образующие пространственные ячейки во всем объеме дисперсной системы. Дисперсная система при этом становится структурированной, т. е. переходит в совершенно новое состояние.

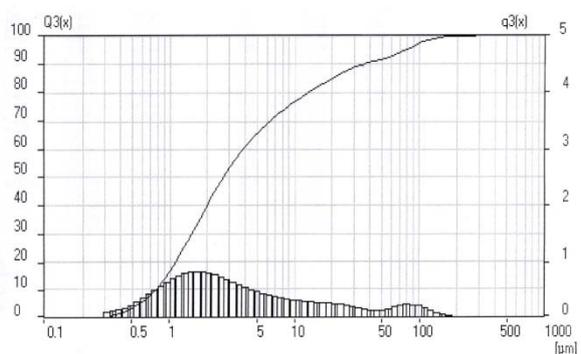
Возникновение пространственных структур – переход от свободно-дисперсных к связанно-дисперсным (агрегированным) системам – кардинальным образом изменяет основные для таких систем структурно-механические свойства. Они полностью утрачивают агрегативную устойчивость, но при этом становятся седиментационно-устойчивыми, так как наличие структурной сетки удерживает частицы дисперсных фаз, зафиксированные в ней, от осаждения. Вместе с тем такие системы утрачивают текучесть, легкоподвижность, их вязкость непрерывно растет с ростом дисперсности и соответствующим уменьшением размера частиц в дисперсионных средах (рис. 3).

Из изложенного следует, что сила сцепления в индивидуальном контакте, определяемая его природой, и число таких контактов в единице объема предопределяют механические свойства образующихся на различных стадиях процесса структурообразования дисперсных структур. В ряду различных типов дисперсных структур особую роль в формировании свойств дисперсных систем играют коагуляционные структуры.

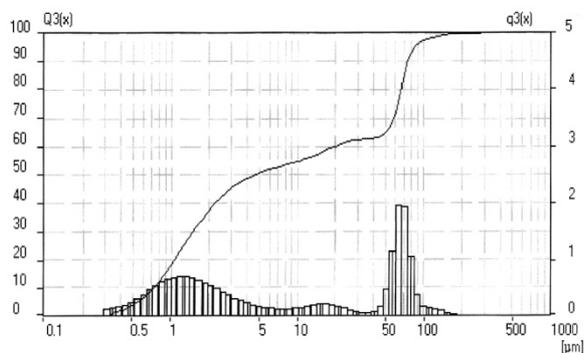
Основным условием возникновения таких структур (учитывая, что концентрация частиц дисперсной фазы остается неизменной) является *критический характерный размер частиц*, начиная с которого становится возможным возникновение дисперсных структур в дисперсных системах.



а)



б)



в)

Рис. 3. Зависимость между вязкостью эмульсии и дисперсностью внутренней фазы: а – дисперсность эмульсии после 5 мин обработки в смесителе; б – дисперсность эмульсии после 15 мин обработки; в – дисперсность эмульсии после 30 мин обработки

Образование пространственных структур – важнейший признак широко распространенных в природе и технике многообразных концентрированных дисперсных систем. Возникновение таких структур кардинально изменяет коллоидно-химические и структурно-механические свойства дисперсных систем. Преимущественное значение среди этих свойств приобретают такие, как прочность, упругость, вязкость.

Эти свойства определяются природой (видом) образующихся между частицами контактов, дисперсностью и степенью анизотропности частиц дисперсных фаз и их концентрацией в дисперсионных средах. Методы эффективного регулирования этих свойств должны быть основаны на сочетании регулирования силы (и энергии) взаимодействия в контактах между частицами и внешних механических воздействий на дисперсную систему.

Регулирование свойств дисперсных систем отражается на эффективности технологической жидкости. Эффективность действия эмульсии определяется поверхностными явлениями, возникающими на границе раздела фаз, например, металл – технологическая жидкость. В процессе диспергирования, т.е. уменьшения размера частиц, возрастает удельная поверхность и, как следствие, повышается активность СОЖ.

Чем в более диспергированном состоянии находятся компоненты, тем сильнее их действие (высокая температура, химическая активность). Отличительной особенностью свежеработанных поверхностей является то, что химические компоненты в данном случае играют преобладающую роль. Таким образом, при обработке металлических поверхностей в целях повышения эффективности СОЖ, наряду с подбором соответствующих компонентов, необходимо высокоэффективное перемешивание. Оптимальное перемешивание в процессе приготовления технологической жидкости также способствует облегчению доступа среды в контактную зону в процессе резания.

По причине высоких температур большинства процессов резания смазочный слой формируется главным образом вследствие хемосорбции активных компонентов присадок и продуктов деструкции органических компонентов смазочного материала [4].

Молекулы обыкновенных углеводородных масел недостаточно активны физически и химически [5, 6], чтобы нейтрализовать неуравновешенные силы, проявляемые металлическими поверхностями. Молекулы же, содержащие атомы или группы атомов, обладающие вторичной или остаточной валентностью, обыкновенно называемые полярными молекулами, могут нейтрализовать вышеуказанные силы. Такое действие проявляют полярные группы, имеющиеся в некоторых молекулах и способствующие

щие притяжению этих молекул металлической поверхностью [7, 8].

Полярные молекулы с длинной цепью обращены своими полярными концами к обрабатываемой поверхности, а своими свободными углеводородными концами втянуты в смазочный слой и, таким образом, расположены перпендикулярно смазываемой поверхности и параллельно друг другу. Таким образом, молекулы концентрируются у пограничной поверхности и крепко там удерживаются. В результате пленка, разделяющая поверхности металла с металлом, может противостоять действию давления и силам сдвига, которые стремятся сжать, разорвать и выдавить пленку.

Применяя специальную обработку, мы меняем физико-химическую активность СОЖ, что приводит к повышению степени взаимодействия активных компонентов технологической жидкости с металлической поверхностью.

На рис. 4, 5 показаны степени активности технологических средств в зависимости от дисперсности.

В результате гомогенизации, вероятно, происходит более плотная адсорбция молекул смазки, вследствие чего происходит уменьшение коэффициента трения, увеличивается сопротивление смещению пленки со смазываемой поверхности.

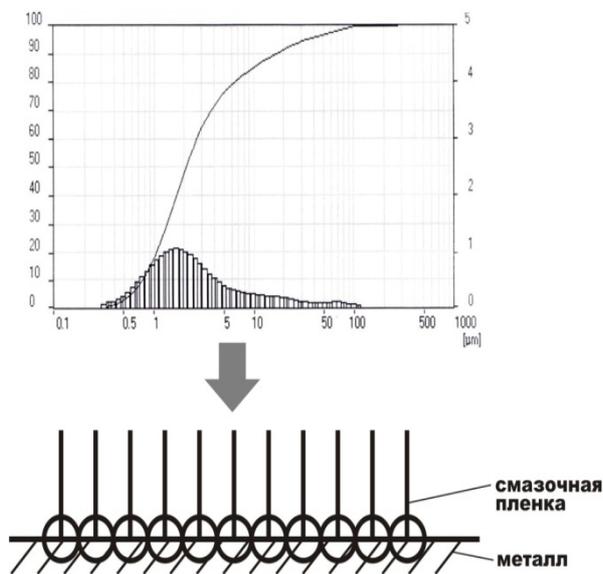


Рис. 4. Степень активности гомогенизированной эмульсии

Киселева Елена Валерьевна,
 ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
 ассистент,
 e-mail: admin@tes.ispu.ru

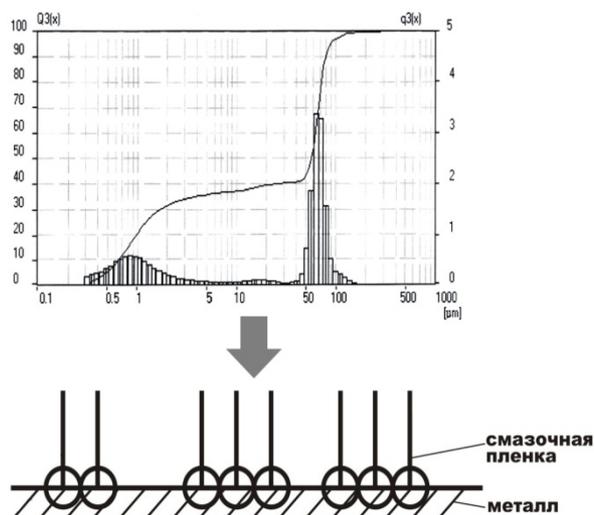


Рис. 5. Степень активности негомогенизированной эмульсии

Таким образом, определяющими факторами для технологической жидкости, которая является дисперсной системой, становится соотношение между потенциальной энергией взаимодействия (сцепления) частиц и кинетической энергией внешних механических воздействий на них [9], а это предопределяет совершенно новые условия регулирования свойств структурированных дисперсных систем в разнообразных гетерогенных процессах.

Список литературы

1. Федоров В.М., Приймак А.Н. К вопросу о проникающей способности СОЖ / Теория трения, смазка и обрабатываемости металлов. – Чебоксары, 1981.
2. Виноградов Ю.М. Влияние технических газов и активных СОЖ на трение и чистоту поверхности при резании металлов / Смазочно-охлаждающие жидкости; Под ред. проф. А.В. Панкина. – М., 1954.
3. Марков В.В. Повышение эффективности и экологической безопасности лезвийного резания путем применения энергетической активации и оптимизации состава присадок СОТС: дис... д-ра техн. наук, 2004.
4. Брук М.А., Павлов С.А. Полимеризация на поверхности трения. – М.: Химия, 1990.
5. Болдырев В.В. О кинетических факторах, определяющих специфику механохимических процессов в органических системах // Кинетика и катализ. – 1973. – Вып. 3. – С. 120.
6. Каплан Ф.С. Изучение адгезии дисперсных частиц в растворах электролитов: автореф. дис... канд. техн. наук. – Л., 1973.
7. Верещагин А.Н. Поляризация молекул. – М.: Наука, 1980.
8. Духин С.С., Шилев В.Н. Диэлектрические явления и двойной слой в дисперсных системах и полиэлектролитах. – Киев: Наук. Думка, 1972. – С. 206.
9. Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии / К.Л. Миттел и др. – М.: Мир, 1980.