

производстве и принимать обоснованные тактические и стратегические меры по совершенствованию технологических процессов и управлению качеством сварки.

УДК 621.745.669.13

### **Исследование микропрофиля поверхности при трении с фрикционным материалом на основе бронз**

Студентка гр.104612 Литвинко В.Н.

Научный руководитель – Лешок А.В., Хренов О.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Любой узел трения предполагает использование двух сопряженных элементов: диска с металлокерамической накладкой и диска стального с гладкой поверхностью (в литературе можно встретить много названий диска стального с гладкой поверхностью: диск ведущий, диск стальной, диск, который в большинстве случаев имеет название контртело). В качестве фрикционного материала в таких узлах используется металлокерамическая композиция на основе меди, представляющая собой основу на основе бронзы с наполнителями фрикционного и антифрикционного назначения (олово – 9%; свинец – 9%; железо – 4%; графит – 7%; медь – основа). Выбор данного материала характеризуется заданным значением удельного давления ( $4 \pm 0,2$  МПа) и скорости скольжения ( $10 \pm 1,0$  м/с), превышение которых способствует изменению триботехнических параметров (коэффициент трения, интенсивность износа).

Анализ конструкторской документации автотракторной техники различных производителей показал, что в качестве материала диска стального используется сталь 65Г, значение шероховатости поверхности может находиться в пределах от 0,6 до 2,5 мкм. Постановка задачи. Исследование микропрофиля поверхности, микроструктуры и механических свойств диска стального из стали 65Г работающего в условиях смазки с металлокерамическим фрикционным материалом МК-5.

Результаты эксперимента и их обсуждение.

Современное представление процесса трения двух сопряженных поверхностей обусловлено как зацеплением микровыступов друг о друга, так и взаимодействием тел в точках соприкосновения на молекулярном уровне. Соппротивление относительному сдвигу этих контактных зон и является основным источником трения движения.

Нами исследовались поверхности дисков стальных эксплуатируемых в различных узлах автотракторной техники различных производителей. Отличительной особенностью являлось схожее значение твердости поверхности, наличие слоя смазки, а так же формы маслоотводящих каналов на ответной детали (диске фрикционном). Было установлено, что микропрофиль поверхности трения скольжения достаточно развит, с микровыступами и микровпадинами, имея значение от 1,1 до 2,6 мкм.

Полученные данные показали, что значения шероховатости исследуемых поверхностей отличается не более чем на 30 %. Дальнейшие исследования поверхностей трения показали, что увеличение времени трения сопряженных поверхностей не оказало существенного влияния на значение шероховатости, колебание которого находилось в пределах  $\pm 3$  %. Величина шероховатости резко падает на стадии приработки, в то время как на стадии установившегося износа наблюдается ее слабое уменьшение. Профиль поверхности трения сохраняется по всему диаметру диска стального, имея явно выраженные борозды.

Исходная шероховатость поверхности в процессе приработки претерпевает изменения, приобретая установившееся значение, которое зависит от условий эксплуатации, наличия слоя смазочного материала. Зависимость среднеквадратичного значения шероховатости от времени работы пары трения носит линейный характер указывая на установившейся режим. Исследование поверхности диска стального на сканирующем электронном микроскопе

позволило выявить локальные участки переноса фрикционного материала, визуально определить которые невозможно. Содержание меди в продуктах переноса колеблется от 1 до 10 %, олово от 0.2 до 1.0 %. Превышение предельно допустимых нагрузок, температурного режима в зоне трения способствует дальнейшему росту пятна контакта переносимого металлокерамического фрикционного материала.

Используемая в качестве материала диска сталь 65Г относится к классу рессорно-пружинных сталей, а по структурному классу - перлитная. Она отличается повышенным пределом выносливости, упругости, релаксационной стойкости при достаточной пластичности и вязкости. Данные свойства стали достигаются повышенным содержанием углерода, введением основных легирующих элементов (кремния, марганца), а так же термообработкой структуры на мартенсит отпуска (твердость HRC 38-48). Оптимальное сочетание прочности и вязкости обеспечивается только в том случае, если твердость стали непосредственно после закалки будет не ниже минимально допустимых значений (25 HRC), а это возможно при наличии в ее структуре после закалки не менее 90 % мартенсита. При наличии в структуре 50 % мартенсита и 50 % троостита закалки (ферритной составляющей) снижается предел выносливости примерно на 20 % и значительно снижается ударная вязкость, особенно при пониженных температурах. Следует отметить, что мартенсит превосходит промежуточные структуры по сопротивляемости изнашиванию. Формирование такой структуры в процессе отпуска способствует снижению внутренних напряжений, что благоприятно сказывается при работе в условиях динамических знакопеременных нагрузок.

Исследование микроструктуры стали 65Г различного значения твердости показали, при твердости 25-30 HRC она представляет собой сорбит, тогда как при твердости 35-40 HRC - тростомартенсит. Таким образом, можно отметить, что наличие износостойкой составляющей в микроструктуре термообработанной стали 65Г наблюдается при твердости выше 35 HRC. Было проведено исследование влияния твердости стали 65Г в интервале значений наиболее используемых для диска стального. Определено, что зависимость носит линейный характер, термообработка (закалка, отпуск) с твердости 20 до 40 HRC приводит к увеличению предела прочности в 2 раза.

УДК 534.2

### **Динамический отжиг сварочных швов**

Студент гр. 1048111 Каблаш К.В.  
Научный руководитель – Ушеренко С.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Сварка является важнейшей и неотъемлемой частью, любого строительства. Причем работы связанные со сваркой являются наиболее ответственными, так как от них зависит крепость конструкций в целом или несущая способность отдельных узлов и деталей. Дефектами сварных швов называются различные отклонения от требований чертежа и технических условий, ухудшающие качество сварного соединения: его механические свойства, сплошности, герметичность и пр. могут быть внешними и внутренними.

Очень часто при сварке стальных деталей встречаются дефекты, возникающие, при перегреве и подкалке сварного шва, что значительно повышает твердость в сварной зоне. Это приводит к охрупчиванию.

Появлению трещин способствуют такие дефекты, как поры, непровары, включения шлака и т. п. Трещины появляются также при кристаллизации металла в процессе сварки. Возможность образования трещин тем больше, чем хуже сваривается данный металл. Участки швов с трещинами полностью вырубает или удаляют поверхностной кислородной (или