

Степанов М. С., Клочко А. А., Анцыферова О. О.
Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков, Украина
Новиков Ф. В.
Харьковский национальный экономический университет
имени Семена Кузнецца, г. Харьков, Украина
Палашек С. Ю.
Донбасская государственная машиностроительная академия,
г. Краматорск, Украина

УСЛОВИЯ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫМИ ПРЕВРАЩЕНИЯМИ ПРИ ЗУБОШЛИФОВАНИИ

Одним из основополагающих факторов обеспечения высокой долговечности закаленных зубчатых колес является изучение состояния напряжений в поверхностном слое, которое определяется видом и условиями технологического воздействия в процессе зубошлифования. Поэтому в работе рассмотрено влияние остаточных напряжений на прочность зубчатых колес в зависимости от тепла, возникающего в зоне резания и приводящего к образованию растягивающих напряжений, изменению твердости и структуры. Причиной появления структурных напряжений являются изменения объема по сечению материала, вызванные превращением аустенита меньшего удельного объема в структуре большего удельного объема.

Состояние напряжений в поверхностном слое определяется видом и условиями технологического воздействия на эвольвентную поверхность зубчатого колеса в процессе зубошлифования. Изменение состояния поверхностного слоя происходят в результате внесения в него энергии, необходимой для удаления материала в процессе зубошлифования.

Увеличение глубины резания сопровождается ростом сил резания, что способствует уменьшению величины растягивающих напряжений в поверхностном слое шлифованной поверхности зубьев зубчатого колеса.

Как отмечалось, остаточные напряжения влияют на прочность зубчатых колес и зависят от тепла, возникающего в зоне резания, что приводит к образованию растягивающих напряжений, изменению твердости и структуры. В связи с этим возникает необходимость разработки математического моделирования описания степени влияния сил резания на процесс образования остаточных напряжений. Установлено, что причиной структурных напряжений являются изменения объема по сечению материала, вызванные превращением аустенита меньшего удельного объема в структуре большего удельного объема (мартенсит, бейнит, перлит, феррит) [1, 2, 3]. Структурные остаточные напряжения в поверхностном слое зубчатых колес при различных схемах зубошлифования появляются всегда совместно с тепловыми напряжениями и вызывают возникновение растягивающих напряжений, а в сердцевине - напряжений сжатия. Анализируя распределение микротвердости в поверхностном слое, можно сде-

лать вывод, что на структурные изменения верхнего слоя решающим образом влияет распределение тепла, так как в верхней части верхнего слоя могут появляться температуры, которые являются достаточными для создания мартенситных структур [2, 3]. Влияние температуры и воздействие трения уменьшается с достижением более глубоких зон поверхностного слоя.

Воздействие тепла во время зубошлифования может привести к возникновению новой закаленной зоны и находящегося под ней «мягкого» слоя [2, 3]. Этот процесс может сопровождаться преобразованием напряжений в поверхностном слое. Если в процессе технологического воздействия не происходят разовые и структурные изменения в материале, то преобладающее термическое влияние вызовет появление растягивающих напряжений, а механическое воздействие в случае растягивающих деформаций вызовет появление остаточных напряжений сжатия. В процессе шлифования изменяются условия резания в зоне соприкосновения шлифовального круга с обрабатываемым зубом зубчатого колеса.

При использовании нерациональных параметров шлифования на шлифуемой поверхности зубчатого колеса появляется белый слой вторичной закалки, отпущенный мартенсит и остаточный аустенит [1, 2, 3]. Поэтому условия обработки имеют важное значение в процессе шлифования, а их несоответствующий подбор может привести к росту сил резания, увеличенному износу шлифовального круга, засаливаемости круга, росту температуры шлифования и увеличению остаточных напряжений в поверхностном слое обработанной поверхности, к появлению трещин и росту количества остаточного аустенита. Трещины возникают в результате отпуска мартенситной структуры, что прямо связано с образованием остаточных напряжений [2, 3].

При построении теоретической модели необходимо учитывать одновременное влияние трения, температуры в зоне контакта и сил резания, что позволит установить зависимость глубины резания на засаливаемость шлифовального круга. Корундовый шлифовальный круг приводит к образованию в зоне резания в два раза большей температуры, чем при применении боразонового шлифовального круга.

Очень важным моментом при зубошлифовании является обеспечение уменьшения температуры в зоне контактирования абразивного круга и обрабатываемой эвольвентной поверхности зубчатого колеса, сил резания с одновременным увеличением объема снимаемого металла и уменьшением степени засаливаемости круга.

Силы резания и температура зависят от характеристики шлифовального круга и способа шлифования, тем более что шлифование эвольвентных поверхностей зубьев зубчатых колес отличается некоторой спецификой протекания тепла [1] с неравномерными силами шлифования [2]. Поэтому процесс зубошлифования трудно поддается моделированию по сравнению с другими способами шлифования [3].

Важное значение в процессе зубошлифования играет также смазочно-охлаждающая жидкость [2]. Расход СОЖ влияет на величину температуры.

С увеличением расхода СОЖ температура во время шлифования понижается. Структурные напряжения вызываются изменением объема (мартенситно – аустенитных превращений [2]) при переходе через интервал критических температур (например, в аустенит, перлит, мартенсит, бейнит). Поэтому усиление диффузии наблюдается только в некотором интервале средних температур [3], а в высоких температурах преобладают эффекты, вызванные тепловыми колебаниями. Во время шлифования обнаружено возникновение очень высоких растягивающих начальных напряжений в поверхностном слое зубчатых колес [3], достигающих 1000 [МПа].

Возникающее в поверхностном слое тепло, на глубине свыше 10 мкм, приводит к значительному приращению остаточных растягивающих напряжений, и только на больших глубинах – к напряжениям сжатия [3]. Таким образом, связь тепла с остаточными напряжениями является очевидной. Однако характер этой связи требует проведения дальнейших исследований, связанных с изменением свойств поверхностного слоя, особенно при шлифовании зубьев зубчатых колес.

Воздействие тепла при зубошлифовании приводит к возникновению новой закаленной зоны и находящегося под ней «мягкого» слоя. Этот процесс сопровождается преобразованием напряжений в поверхностном слое. В общем случае остаточные напряжения оказывают влияние на механические, физические и химические свойства обрабатываемого материала зубчатых колес. Во время зубошлифования изменяются условия резания в зоне соприкосновения шлифовального круга с обрабатываемым зубом зубчатого колеса. При использовании нерациональных параметров зубошлифования на шлифуемой поверхности зубчатого колеса появляется белый слой вторичной закалки, отпущенный мартенсит и остаточный аустенит. Трещины возникают в результате отпуска мартенситной структуры, что прямо связано с образованием остаточных напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф. В. Новикова и А. В. Якимова. В десяти томах. – Т. 10. «Концепции развития технологии машиностроения». – Одесса: ОНПУ, 2005. – 565 с.

2. Якимов А. А. Технологические основы обеспечения и стабилизации качества поверхностного слоя при шлифовании зубчатых колес / А. А. Якимов. – Одесса: Астропринт. 2003. – 453 с.

3. Шелковой А. Н. Общие принципы моделирования оптимального управления параметрами точности, качества и производительности зубообработки закаленных крупномодульных зубчатых колес / А. Н. Шелковой, Е. В. Мироненко, А. А. Ключко // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Серія «Машиноприладобудування та транспорт». – Севастополь, 2013. – Вип. 140. – С. 203–210.