

Лучшие показатели эксплуатационных свойств многослойных покрытий характерны для $(\text{TiAl})\text{N}$, $(\text{AlTi})\text{N}$, $(\text{AlTiCr})\text{N}$. Видимо, это объясняется тем, что эти многослойные покрытия оказывают влияние на перераспределение теплового потока в зоне контакта и износостойкость режущего инструмента в зоне прирабочного износа.

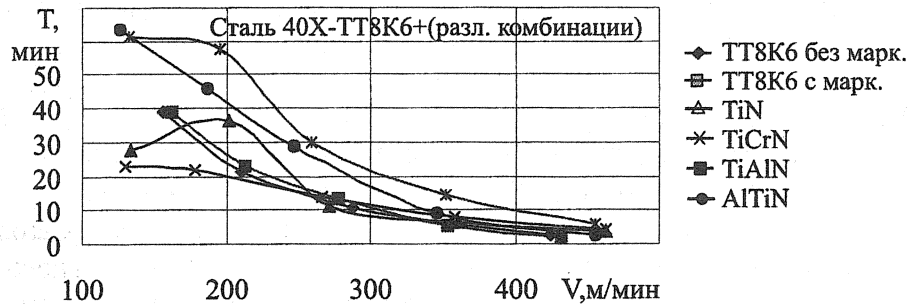


Рис.3. Влияние скорости резания на период стойкости инструмента с различными покрытиями

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А.А., Гаврилов А.Г., Падалко В.Г. Прогрессивные технологические процессы в инструментальном производстве. – М.: Машиностроение, 1981.–214 с.
2. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1986.–192 с.
3. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента.–М.: Машиностроение, 1982.–320 с.
4. Старков В.К. Технологические методы повышения надежности обработки на станках с ЧПУ.– М.: Машиностроение, 1984.–120 с.

Уфимский государственный авиационный технический университет

УДК 621.011

М.Г. ГОЛЬДШМИДТ

О МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКЕ

Показано, что при лезвийной обработке формирование остаточных напряжений в поверхностном слое определяется напряженно-деформированным состоянием металла в зоне стружкообразования.

Остаточные напряжения в поверхностном слое, образующиеся при обработке резанием, могут вызвать изменение эксплуатационных свойств поверхности, а также коробление детали, особенно заметное при недостаточной жесткости последней.

Знание механизма формирования остаточных напряжений (ОН) позволяет прогнозировать возможные их негативные проявления и определять технологические пути регулирования точности и качества поверхности [1].

Среди факторов, влияющих на технологические ОН, принято выделять силовой, температурный, а также явления, обусловленные структурно-фазовыми превращениями в поверхностном слое.

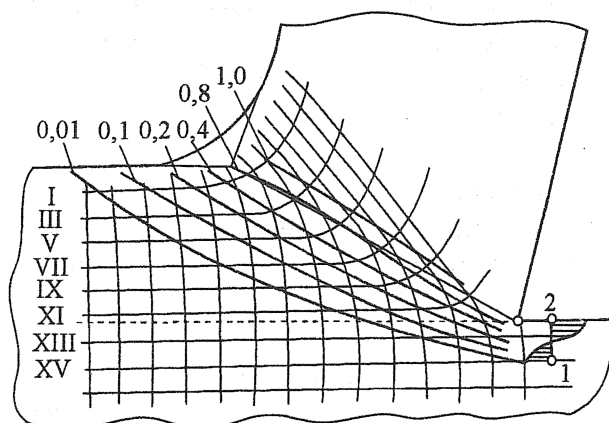


Рис. 1. Корень стружки, зафиксированный при резании стали 2Х13 ($\gamma=17^\circ$, $a=0,31$ мм, $V=1,65$ м/с) и рассчитанный по искажению делительной сетки линии равной величины интенсивности деформаций [по данным В.А. Говорухина]

Ниже приведен анализ влияния «силового фактора» на формирование ОН при лезвийной обработке.

Начиная с первых исследований резания металлов, большое внимание уделялось изучению общей взаимосвязи явлений в процессе резания. Но если явления в зоне стружкообразования, расположенной вблизи условной плоскости сдвига, рассматривались непременно во взаимосвязи с явлениями на передней грани инструмента [2], то в описании механизма формирования поверхностного слоя учитывались главным образом контактные явления на задней грани. Между тем, как показывает анализ, продуктивным является изучение влияния на этот процесс напряженного состояния в зоне стружкообразования.

Не вызывает сомнения, что контактные явления на задней грани определенным образом участвуют в формировании качества поверхности, особенно это относится к тонким приконтактным слоям. Однако, обусловленные этими явлениями напряжения не могут оказывать определяющего влияния на значение момента равнодействующей ОН, ответственного за коробление детали, поскольку глубина их залегания незначительна.

На рис. 1. представлен корень стружки, зафиксированный при свободном резании стали ШХ 15 со скоростью 1,65 м/с резцом с передним углом 17° ; толщина среза составляла 0,31 мм, ширина 3 мм. Линии равной интенсивности деформаций рассчитаны по искажению делительной сетки, нанесенной на боковую поверхность образца. Рис. 1 иллюстрирует экспериментально доказанный факт: зона пластической деформации распространяется существенно ниже линии среза – линии относительного перемещения режущего лезвия и заготовки.

Если проследить за характером нарастания деформации элементарных частиц превращаемого в стружку металла по пути их перемещения (рис.2), видно, что в слоях с I по XI (рис.1) кривые имеют типичный для подобного случая характер: деформация плавно увеличивается от нуля – на границе пластической зоны – до своего конечного значения [3]. В слоях, выходящих на обработанную поверхность (с XII по XV на рис.1), конечная пластическая деформация достигает различных значений – от близких к степени дефор-

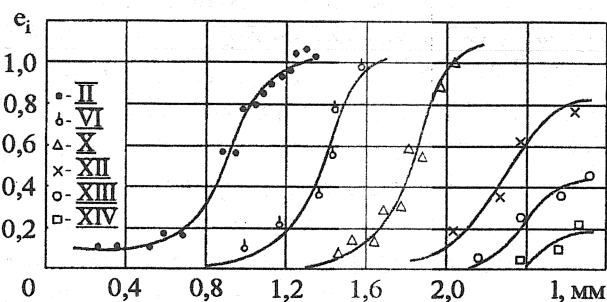


Рис. 2 Изменение величины интенсивности деформаций ϵ_0 частиц на пути их движения в различных слоях металла (условия те же, что на рис. 1)

магии стружки – в поверхностном слое – до нуля на нижней границе пластической зоны.

После разгрузки – прохождения инструмента, – разница деформации приповерхностных слоев (вблизи точки 2 на рис. 1) и на границе пластической области (в точке 1) оказывается весьма существенной: 0,8 против 0,01. Аналогичная картина получена при резании меди: средняя микротвердость приповерхностных слоев составляла 900 МПа при микротвердости на границе пластической области равной 600 МПа [4]. Эта неоднородность деформации и является главной причиной возникновения технологических остаточных напряжений.

Рассмотрим, следуя Л.И. Седову [5], модель системы с остаточными напряжениями, наведенными при лезвийной обработке. Пусть два образца с исходной высотой h_2 и расположенный между ними образец высотой h_1 из того же материала сжаты до величины h между абсолютно жесткими плитами (рис.3, а). Торцы образцов, будем полагать, жестко присоединены к плитам.

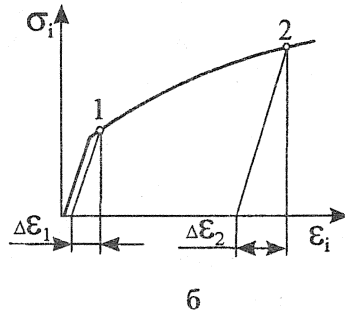
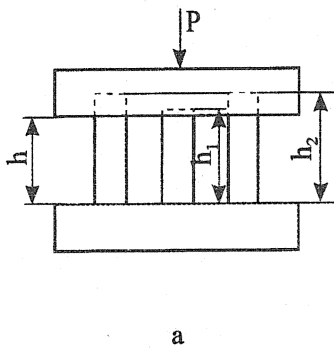


Рис. 3. Модель системы с остаточными напряжениями

становятся на одинаковую высоту; при этом крайние образцы в стремлении восстановиться на $\Delta\epsilon_2 > \Delta\epsilon_1$ будут растягивать средний, а последний – сжимать крайние образцы, т.е. в стержнях из упрочняемого материала, деформированных на бóльшую величину возникнут после разгрузки сжимающие напряжения, на меньшую – растягивающие.

Аналогичная картина имеет место при резании: если отделение стружки произошло таким образом, что в зоне, расположенной за лезвием металл остался пластически сжатым, после прохождения резца (снятия нагрузки) слои металла стремятся восстановиться, т.е. растянуться, причём поверхностные слои, больше других деформированные в процессе стружкообразования – на большую величину, чем нижележащие слои. В результате последние сжимают поверхностные слои, в которых образуются сжимающие остаточные напряжения. Такая картина была нами зафиксирована при резании инструментом с радиусом скругления лезвия, превышающим толщину среза.

Если вблизи лезвия образуется зона пластического растяжения, то после снятия нагрузки поверхностный слой стремится сжаться, причём в большей степени, чем ему «позволяют» менее деформированные нижележащие слои. Это приведёт к образованию в поверхностном слое растягивающих остаточных напряжений.

Таким образом, величина и знак остаточных напряжений в поверхностном слое в значительной степени определяются деформацией металла в зоне стружкообразования.

После разгрузки верхняя плита восстановится до определенного значения, причём, образцы, имеющие до деформации большую высоту h_2 в соответствии с кривой деформирования материала (рис. 3, б), будут стремиться восстановиться на величину $\Delta\epsilon_2$, образец с исходной высотой h_1 – на меньшую величину – $\Delta\epsilon_1$. Но т.к. независимое восстановление образцов в силу принятых условий невозможно, они вос-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сулима А. И., Шувалов В. А., Ягодкин Ю. Д. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
2. Zorev N. N., Del G. D., Kufarew G. L. und Goldschmidt M. G. Spannungszustand in der Schnittzone. Annales of the C.I.R.P. Vol XIV, 1967. p.p. 337 – 346.
3. Куфарев Г. Л., Окенов К. Б., Говорухин В. А. Стружкообразование и качество обработанной поверхности при несвободном резании. – Фрунзе: Мектеп, 1970. – 169 с.
4. Гольдшмидт М. Г. Деформации и напряжения при резании металлов. – Томск: Изд-во СТТ, 2001. – 180 с.
5. Седов Л. И. Механика сплошной среды. – М.: Наука, 1973. – 430 с.

Томский политехнический университет

УДК 620.171

М. Г. ГОЛЬДШМИДТ

ОЦЕНКА ИНЕРЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО УСИЛИЯ
ПРИ ИСПЫТАНИИ МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ

Проведена оценка инерционной составляющей деформирующего усилия при высокоскоростных испытаниях материалов растяжением, сжатием, резанием. Показано, что при испытании резанием до скорости деформации 10^7 с^{-1} инерционная составляющая работы деформации не превышает 1%.

Для получения кривых «напряжение – деформация» при высокоскоростных испытаниях материалов кроме традиционных сжатия и растяжения находят применение так называемые нетрадиционные методы, среди которых как перспективный отмечается испытание резанием [1, 2].

Поскольку при испытаниях фиксируется суммарное деформирующее усилие, по которому рассчитывается интенсивность напряжений σ_1 , представляет интерес оценить вклад инерционной составляющей при различных методах испытаний.

В работе [3] проводилась оценка величины динамического сопротивления при сжатии образцов. Основываясь на тех же предпосылках, получим соотношения, более универсальные, пригодные для анализа процессов растяжения, сжатия и резания¹.

Пусть цилиндрический образец высотой H и радиусом R осаживается (растягивается) без образования бочки (шейки) со скоростью движения захватов машины $V=V(t)$. Пусть F – сила, регистрируемая динамометром. Тогда $\sigma_1 = \frac{F}{S}$, где $S=S(t)$ – площадь поперечного сечения образца. Деформирующее усилие F расходуется на работу формоизменения A_Φ и изменение кинетической энергии частиц E

$$A=A_\Phi+E.$$

Но с другой стороны

$$\frac{dA}{dt} = FV,$$

¹ Исследование выполнено совместно со Шлякманом Б.М.