

Э. Г. ХОЕЦЯН

МГНОВЕННОЕ УСИЛИЕ И ТЕМПЕРАТУРА, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ РЕЗАНИИ ЕДИНИЧНЫМ ЗЕРНОМ

Повышение качества изготовления деталей достигается совершенством технологии, качеством оборудования, оснастки, инструмента, а также методами и режимами механической обработки. Особенно велико влияние методов и режимов механической обработки на финишных операциях, в процессе которых происходит формирование поверхностного слоя.

Одним из наиболее распространенных методов финишной обработки металлов является шлифование.

Однако, наряду с многими достоинствами, процесс шлифования сопряжен с рядом нежелательных явлений, одним из которых является нагрев поверхности шлифуемой детали до высоких температур. Тепловыделение в зоне контакта абразивного круга с деталью при шлифовании приводит к нагреву шлифуемой поверхности до температур, превышающих температуры фазовых и структурных превращений и иногда достигающих температуры плавления шлифуемых металлов. Кроме того, поскольку нагрев осуществляется сосредоточенным движущимся источником тепла, температурное поле в детали характеризуется большой неоднородностью, а также высокими скоростями нагрева и охлаждения. При этих условиях в поверхностных слоях могут возникать структурные изменения (прижоги), остаточные напряжения, микро- и макротрещины и другие дефекты, приводящие к резкому снижению качества шлифуемых изделий.

Для выявления основных причин возникновения дефектных слоев на микрослоях поверхности и износа абразивных зерен необходимо иметь объективные данные о мгновенной температуре и усилиях, возникающих при резании единичным зерном в самый момент резания.

Мгновенная температура развивается в период снятия стружки единичным зерном, т. е. практически мгновенно достигает весьма больших величин и практически мгновенно отводится в массу металла, стружку и зерно.

Знание мгновенных температур и усилий при резании единичным зерном необходимо не только для получения поверхностного слоя детали высокого качества, но и для установления истинной картины процесса снятия тончайших стружек на весьма высоких скоростях [1].

Кроме того, известно, что качество абразивного инструмента ком-

плексно определяется режущими свойствами абразивных зерен, качеством связующего материала и структурой абразивного инструмента. Из этих трех технических характеристик абразивного инструмента наиболее важным является качество материала абразивных зерен. Поскольку, все же, определяющим является свойство материала абразивных зерен, необходимо иметь объективные данные об износостойкости абразивных зерен в различных условиях обработки без участия связки [2]. Это чрезвычайно важно при исследовании новых абразивных материалов.

В связи с этим комплексное исследование мгновенных температур и усилий при резании единичным зерном является серьезной задачей и имеет большое практическое и теоретическое значение.

Целью данной работы является выявление значений мгновенной температуры и усилий при резании единичным зерном, а также установление их зависимостей от геометрии зерна, скорости и глубины обработки на нескольких материалах.

Экспериментальная часть работы была проведена в Отделе научно-исследовательских работ Ереванского политехнического института и в Высшей технической школе им. Отто фон Герике в г. Магдебурге (ГДР) на кафедре резания металлов, где была создана установка для определения мгновенных сил и температуры при резании единичным корундовым зерном на плоскошлифовальном станке модели 3Г71 (рис. 1).

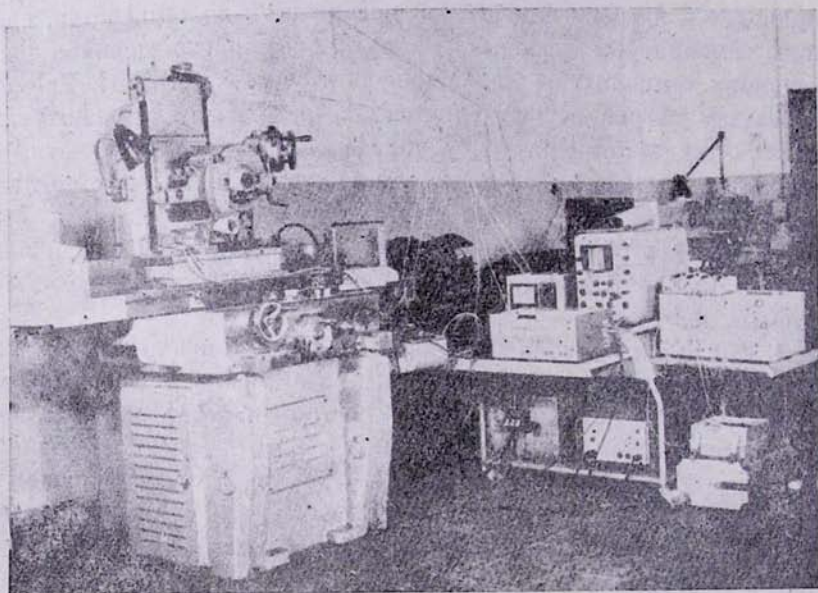


Рис. 1. Общий вид установки.

Для определения мгновенной температуры контактной поверхности на длине дуги контакта было использовано практически безинерционное фотоэлектрическое бесконтактное устройство, созданное нами.

Для тарировки температуры была использована специальная тарировочная лампа фирмы «Narva» (Bandlampe in Röhrenform 2400°[K] bei 13,9A; UI ca. 5V).

Для определения сил резания использовался кольцевой динамометр нашей конструкции, позволяющий измерять силы в пределах от 5 до 200 г (рис. 2).

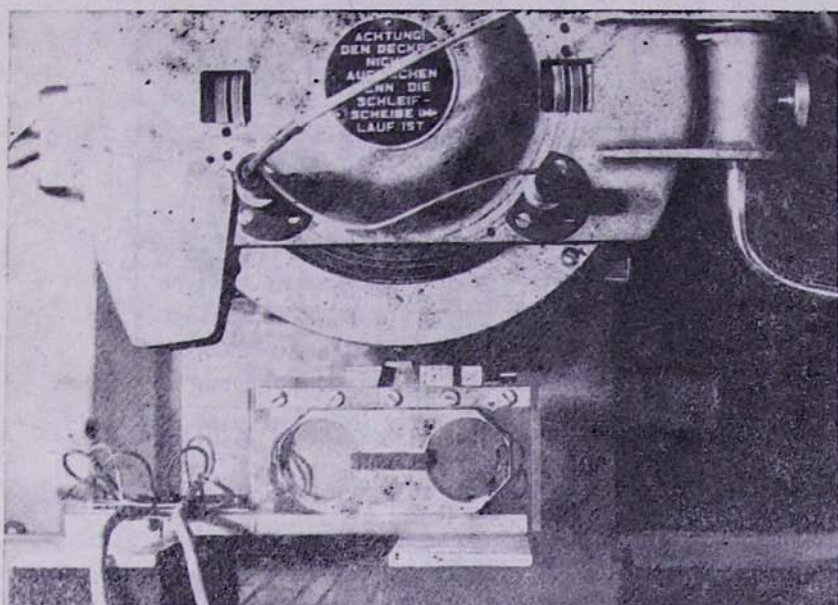


Рис. 2. Кольцевой динамометр.

Регистрация электрических величин сил и температуры производилась на немецких приборах.

Для регистрации сил использовались шлейфовый осциллограф марки 8LS (Achtkanal-Lichtschreiber) и два усилителя марки UM111 (Universal Messeinrichtung), а для регистрации температуры использовался катодный осциллограф типа «Duaskop» с фотоаппаратом.

Материалом режущего единичного зерна служил синтетический корунд. Выбор этого материала обоснован тем, что, во-первых, он является абразивным материалом в шлифовальных кругах, а во-вторых, является светопроводом, пропускающим тепловое излучение в самый момент резания, для дальнейшего его преобразования с помощью фотосопротивления в электрический сигнал.

Применялись корундовые резцы с углом заострения $\varphi = 80, 90, 100, 110, 120^\circ$.

Конусные и торцевые поверхности резцов подвергались полированию до получения зеркальных поверхностей— $\nabla 14$.

Для проведения исследований были использованы углеродистые стали (сталь 45 нормализованная и сталь 45 закаленная, $HRC45 \pm 2$), а

также стали, чувствительные к тепловому воздействию и склонные к ожогам и шлифовочным трещинам, марки 20MnCr5 (18ХГТ) — цементированная и закаленная, $HRC63 \pm 2$ и 105Cr4 — закаленная, $HRC60 \pm 2$.

Режимы обработки: продольная подача $4 \div 20$ м/мин; скорость вращения единичного зерна 25 м/сек, истинная глубина резания $4 \div 20$ мкм.

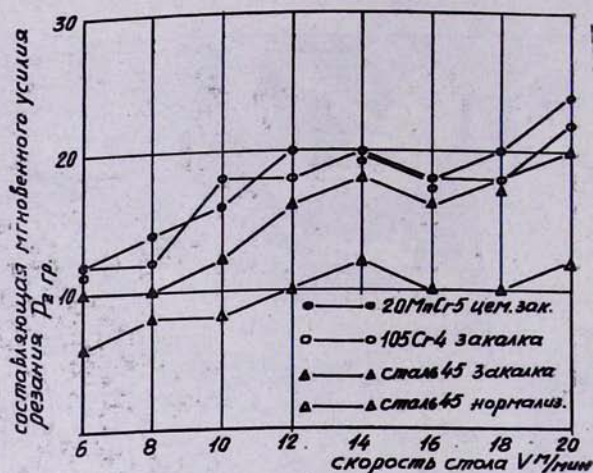


Рис. 3. Зависимость P_z от V при $t=12$ мкм, $\varphi=90^\circ$.

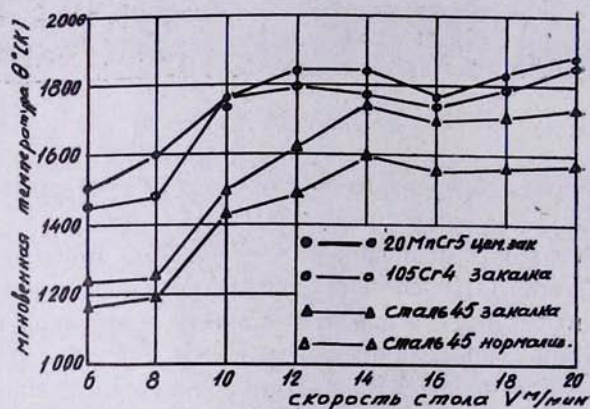


Рис. 4. Зависимость θ° [K] от V при $t=12$ мкм, $\varphi=90^\circ$.

Анализ полученных зависимостей (рис. 3, 4) показывает, что с увеличением скорости стола V мгновенная температура θ и составляющая мгновенного усилия P_z увеличиваются. С увеличением V интенсивность роста P_z падает. В интервале $V = 12 \div 18$ м/мин рост P_z несколько приостанавливается. Наблюдается рост P_z с возрастанием твердости обрабатываемого металла. Разница в P_z увеличивается с ростом V , т. е. интенсивность роста P_z увеличивается с ростом твердости.

Увеличение P_z частично объясняется ростом сил удара зерна об обработанную поверхность. Главной причиной увеличения P_z является значительное увеличение мгновенного объема пластически деформированного металла с возрастанием скорости стола V .

Это наглядно заметно на профилограмме (рис. 5) следа корундового резца, где пластически деформированный металл заваливается с обеих сторон канавки.

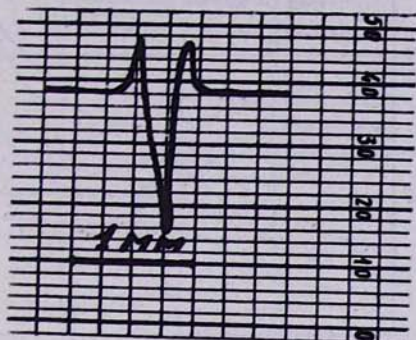


Рис. 5. Поперечная профилограмма следа корундового резца.

В интервале $V=12 \div 18$ м/мин сказывается влияние высоких температур на физико-механические свойства срезаемого слоя металла. Твердость поверхностного слоя падает, в связи с чем уменьшается мгновенное усилие резания P_z и объем пластических деформаций, требуемых для срезания слоя металла. Это явление приводит к уменьшению теплообразования и некоторому снижению температур. В дальнейшем в этом процессе — конкуренции воздействий пластических деформации и теплообразования начинает доминировать рост пластических деформаций, в результате чего P_z и θ увеличиваются.

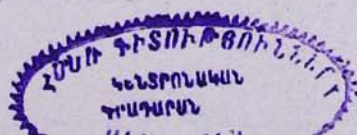
Увеличение P_z и θ частично объясняется также увеличением внешнего трения корундового резца по обрабатываемой поверхности.

В свете вышеизложенного можно легко объяснить рост P_z и θ с увеличением твердости обрабатываемого материала.

Из рис. 6, 7 видно, что с увеличением глубины резания t в пять раз составляющая мгновенного усилия P_z и мгновенная температура θ весьма интенсивно возрастают. Интенсивность роста значительно увеличивается с увеличением твердости обрабатываемого материала. Так, если для стали 45 (нормализованной) P_z возрастает от 3 до 8 г, то для 18ХГТ (HRC63±2) P_z изменяется от 6 до 24 г. Мгновенная температура соответственно меняется для стали 45 от 800 до 1260, а для 18ХГТ от 1100 до 2170°[K].

Объяснение полученных зависимостей состоит в следующем.

Увеличение глубины резания в прямой пропорциональности увеличивает объем пластических деформаций срезаемого слоя, приводящего



к росту P_z и θ . При этом увеличение P_z и θ с ростом t более четко вырисовывается для более твердых материалов, так как высокие механические свойства последних сохраняются при более высоких температурах, что, естественно, приводит к увеличению сил и работы, необходимых для их пластического деформирования и развиваемых температур.

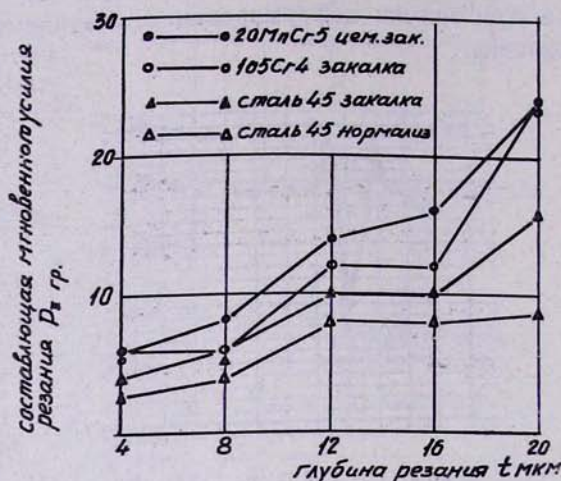


Рис. 6. Зависимость P_z от t при $V=8$ м/мин, $\varphi=90^\circ$.

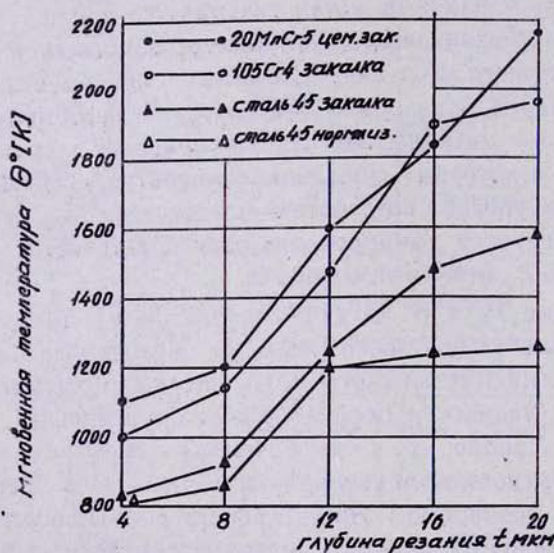


Рис. 7. Зависимость θ от t при $V=8$ м/мин, $\varphi=90^\circ$.

На рис. 8, 9 изменения P_z и θ подчиняются вышеприведенным закономерностям, однако интенсивность роста P_z и θ с увеличением угла заострения корундового резца значительно ниже.

Увеличение P_z и θ с возрастанием φ объясняется в первую очередь непосредственным воздействием угла φ , создающем более

затруднительные условия для пластических деформаций срезаемого слоя. Не менее важным является косвенное воздействие угла φ на P_z и Θ через значительное увеличение поперечного сечения срезаемого слоя.

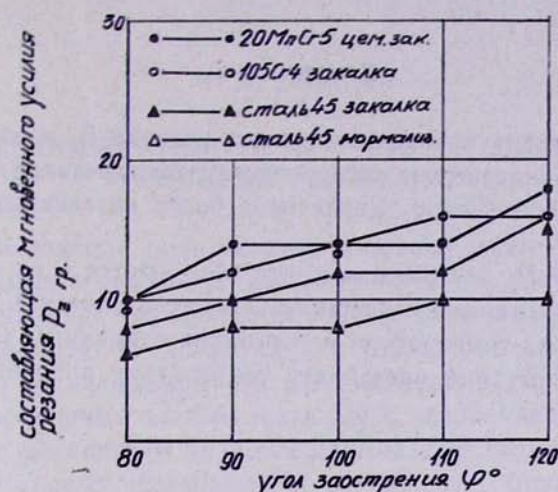


Рис. 8. Зависимость P_z от φ при $V=8$ м/мин, $t=12$ мкм.

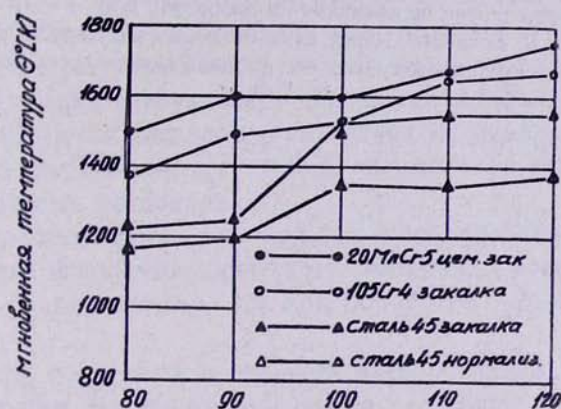


Рис. 9. Зависимость Θ от φ при $V=8$ м/мин, $t=12$ мкм.

На всех приведенных зависимостях наблюдаются весьма высокие значения температур, значительно превышающие температуры плавления обрабатываемых материалов. Между тем в литературе часто высказываются мнения о том, что при резании металлов температура в контактной поверхности инструмент — деталь не может превышать температуры плавления обрабатываемого материала. Это явление объясняется тем, что при измерении температур и тарировании измерительных схем используются несовершенные устройства [3, 4].

Мы считаем, что зафиксированные нашим методом мгновенные температуры правомерны. Развитие таких мгновенных температур объясняется перегревом весьма тонких жидких прослоек в микрослоях кон-

такта деталь — инструмент — стружка в условиях гидростатического давления. Зафиксированные высокие температуры объясняются также интенсивным окислительным процессом, доходящим до выгорания расплавленной стружки в атмосфере.

В ы в о д ы

1. Составляющая мгновенного усилия резания P_z и мгновенная температура θ увеличиваются с увеличением глубины резания t , скорости стола V и угла заострения φ . Увеличение более интенсивно для твердых материалов.

2. Рост H и P_z взаимосвязан, что объясняется в основном пластическим деформированием и внешним трением в контакте.

3. Мгновенная температура при резании единичным зерном при высоких режимах резания превышает температуру плавления обрабатываемого материала.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Е. Н. Маслов. Основы теории шлифования металлов. М., 1951.
2. Т. Н. Лоладзе и Г. В. Бакучава. Износ алмазов и алмазных кругов. М., 1967.
3. С. Г. Редько. Процессы теплообразования при шлифовании металлов. Саратов, 1962.
4. А. Н. Резников. Теплофизика резания. М., 1969.