

П. М. ЕСАЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ СТРУЖЕК, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ РЕЗАНИЯ

В [2] рассматривались характеристики усадки стружки при свободном, несвободном и защемленном резании. Было показано, что вид резания существенно влияет на коэффициент усадки стружки в зависимости от скорости резания и подачи.

С целью определения деформационно-напряженного состояния металла при этих видах резания установления свойств стружки исследования были развиты в направлении оценки микротвердости в поперечных сечениях стружки. Измерения микротвердости шлифов стружки производились на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке на индентор $P = 100$ г. Бралась данные по микротвердости прирезцовой, свободной и средней зон стружки, а при несвободном резании — также по микротвердости стружки у вершины резца. Условия проведения опытов были теми же, что и в предыдущей стадии исследований [2].

Достоверность результатов измерений обеспечивалась многократным (в среднем 15) измерением параметра на отмеченных участках сечений стружек с определением математического ожидания m_n . На рис. 1 показаны графики зависимостей m_n от скорости резания для всех зон поперечного сечения стружек.

Из анализа графиков вытекают определенные закономерности, имеющие общий характер для всех форм резания. В то же время подчеркиваются отличительные признаки для каждой формы. Так, для всех форм резания характерна общая тенденция уменьшения m_n с повышением скорости резания, меньшее его значение в средней зоне сечения стружек и большее значение в прирезцовой зоне в определенном диапазоне изменения скоростей (до $v = 150$ м/мин). Однако, как видно, численные значения m_n равно как и интервал его изменения в диапазоне скоростей при различных формах резания, различны. К тому же на отдельных участках характеристик общая закономерность изменения параметра нарушается. Существенно, что при несвободном резании характеристика $m_n = f(v)$ по зонам сечений стружек в диапазоне изменения скоростей имеет локальные экстремумы. В случае свободного резания на характеристике явно обозначается лишь одна точка экстремума ($v = 20$ м/мин). При защемленном резании экстремум отсутствует — характеристика, падающая во всем диапазоне изменения скоростей. Кроме того, если при несвободном резании в области низких скоростей

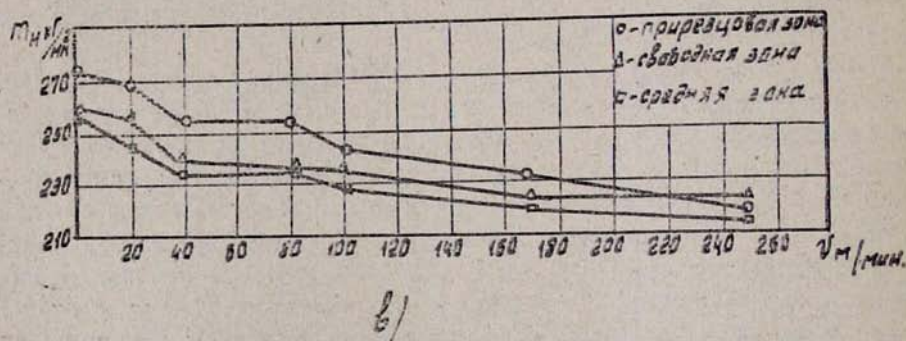
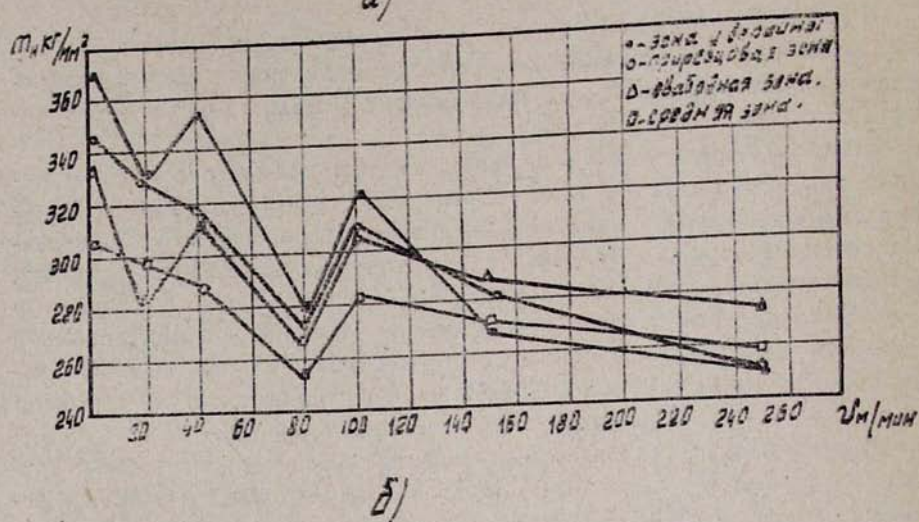
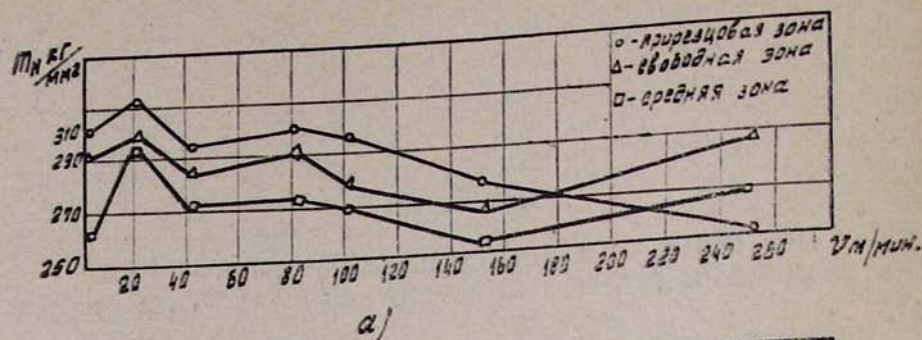


Рис. 1. Зависимость m_n от скорости резания: а — свободное резание; б — несвободное резание; в — защемленное резание ($s = 0,15$ мм/об; $t = 1,5$ мм).

($v < 20$ м/мин) микротвердость при повышении скорости резки уменьшается, при свободном резании она увеличивается, а при защемленном резании изменения параметра малозначимы. При высоких скоростях ($v > 150$ м/мин) в случае свободного резания m_n в свободной и средней зонах сечений стружек увеличивается, при других видах резания

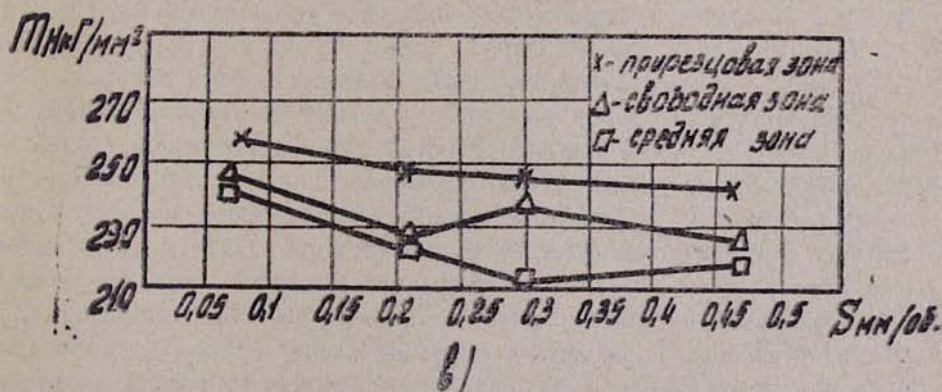
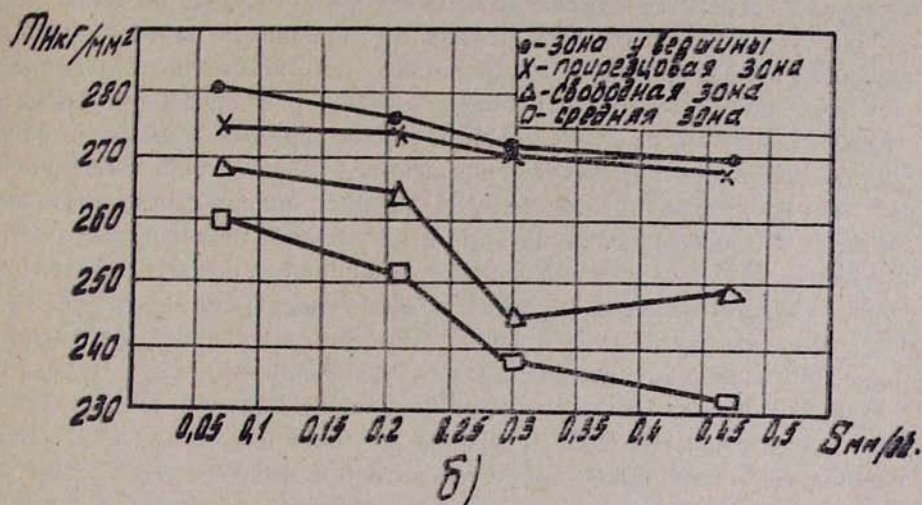
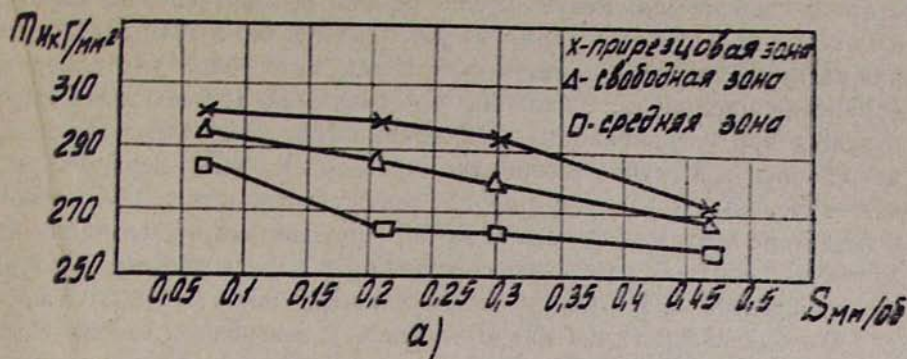


Рис. 2. Зависимость m_k от подачи: а — свободное резание; б — несвободное резание; в — заземленное резание ($v = 80$ м/мин; $t = 1,5$ мм).

этого не замечается. Результаты опытов по определению характера изменения m_n от подачи (рис. 2) установлено, что в этом случае также для различных форм резания можно обнаружить общие закономерности изменения параметра: тенденцию к уменьшению во всех зонах сечения стружки при увеличении подачи; превышение микротвердости прирезцовой зоны (а в случае несвободного резания и зоны у вершины резца) над значениями параметра в других зонах сечения стружки. Отличие же в характере воздействия подачи на m_n проявляется в увеличении параметра в свободной зоне сечения стружки в случае несвободного резания и в средней зоне в случае защемленного резания при $S \geq 0,3$ мм/об.

Отсюда следует, что микротвердость в поперечном сечении стружки в его различных зонах зависит не только от реализуемого в процессе обработки режима резания, но и от формы резания. При этом особо следует подчеркнуть, что во всех случаях на изменение величины m_n более интенсивно действует изменение скорости резания, а не подачи.

В [3] с целью уточнения механизма упрочнения обработанной поверхности приводятся аргументированные данные о наличии взаимосвязи между процессами упрочнения прирезцовых и поверхностных слоев стружки и изделия при точении. Как видно, характер этой связи, как и эксплуатационные характеристики деталей машин, определяющие их надежность при различных формах резания, проявляются различным образом. Не менее существенно, что с изменением механических свойств стружки и обработанной поверхности изменяются основные характеристики рабочего процесса — стойкость инструмента, силы резания, условия возникновения вибраций и т. д. Поэтому, имея в виду дальнейшую задачу оптимизации условий резания при различных формах резания, следует установить причины расхождения в закономерностях изменения микротвердости по сечению стружки при этих формах резания. Выше отмечалась общая тенденция в уменьшении микротвердости при увеличении скорости резания для различных форм резания в отдельных зонах сечения стружки.

В этом отношении данная общая закономерность хорошо согласуется с результатами измерений коэффициента усадки стружки [2].

Следовательно, оценка свойств стружек, как и в [2], должна производиться с учетом одновременного воздействия упрочняющих и разупрочняющих факторов в заданных условиях резания. В самом деле, сопоставляя значения микротвердостей при весьма малых и высоких скоростях, можно убедиться, что приобретенная в результате пластической деформации твердость с повышением скорости резания, а стало быть, и температуры, постепенно утрачивается. Однако темп падения микротвердости при различных формах резания различен. Более интенсивное падение параметра имеет место при несвободном резании. Это можно объяснить более интенсивным выделением тепла в зоне резания, обусловленным участием в образовании стружки не только главной, но и вспомогательной режущей кромки при неизменных условиях отвода тепла в тело резца, ибо в экспериментах прочие условия резания оста-

давались также неизменными. Тот факт, что в сопоставлении со свободным и несвободным резанием уменьшение микротвердости в диапазоне изменения скоростей при защемленном резании происходит менее интенсивно, можно объяснить усилением влияния упрочняющего действия краевых эффектов из-за концентрации напряжений в массе металла у вершины отрезного резца, обусловленной изменением направления вектора скорости деформации и уменьшением ее величины. При этом повышаются все показатели сопротивления деформированию — пределы пропорциональности, текучести, прочности, твердость, снижаются показатели пластичности — относительное удлинение и ударная вязкость. Металл стружки упрочняется больше, чем при других видах резания, а это в какой-то мере ослабляет действие разупрочняющих факторов. Иначе, окончательный результат деформации стружки при различных формах резания определяется соотношением скоростей процессов упрочнения и разупрочнения, зависящим от скорости и прочих условий резания. Здесь следует заметить, что определяющими в формировании свойств стружек при различных формах резания являются температура отдыха или рекристаллизации и скорость деформации. Результат деформации стружки при свободном и несвободном резании можно характеризовать наличием в стружке рекристаллизированных (или претерпевших отдых) или деформированных участков металла с преобладанием рекристаллизированных (претерпевших отдых). Имеет место частичное упрочнение. При защемленном резании металл стружки характеризуется деформированной структурой с ее частичным разупрочнением. Эти соображения позволяют характеризовать причины и других особенностей деформации стружки при различных формах резания в зависимости от скорости — наличие локальных экстремумов при несвободном, их слабое проявление при свободном и полное отсутствие при защемленном резании, а также причину изменения соотношений микротвердостей по зонам сечений в области высоких скоростей.

Надо полагать, что в случае несвободного резания при скоростях, соответствующих экстремальным значениям m_n , существенно возрастает роль деформаций, обусловленных участием в образовании стружки вспомогательной режущей кромки резца. При этом в связи с изменениями действительных значений вспомогательного переднего угла возможно усиление воздействия упрочняющих факторов. При свободном резании этого не имеет места. Слабое проявление экстремума при $v = 20$ м/мин может быть лишь следствием изменения соотношения между указанными конкурирующими участками стружки. При защемленном резании ввиду абсолютного превосходства упрочняющих факторов во всем диапазоне изменения скоростей характеристики микротвердости локальных экстремумов не имеют. В прирезцовых прослойках стружки с увеличением скорости резания и повышением температуры происходит разупрочнение деформированных зерен металла — микротвердость прирезцовой зоны стружки оказывается меньше микротвердости свободной и средней зон. Так же выглядят соотношения микро-

твердостей по зонам сечений стружек при высоких скоростях в случаях несвободного и защемленного резания. Однако разница в численных значениях параметра, ввиду стесненных условий резания, а следовательно, и меньшей возможности интенсивного охлаждения нагретого металла, прослеживается не так заметно.

Аналогичным образом может быть рассмотрен вопрос о характере влияния подачи на микротвердость стружки. Важно отметить, что убывающая зависимость m_n от подачи по всем зонам сечений стружек при любой форме резания может быть обусловлена воздействием возрастающей в связи с увеличением подачи температуры, оказывающей разупрочняющее действие на деформацию всех слоев стружки и особенно сильное — в неприрезцовых зонах. В прирезцовых же зонах большие значения m_n обуславливаются, с одной стороны, большей степенью деформации, с другой — меньшим воздействием температурного фактора ввиду отвода определенного количества тепла в тело резца, что может быть подтверждено известными положениями теории резания металлов — температура резца у передней поверхности обычно выше температуры прирезцовой зоны стружки, а наивысшая температура в стружке обычно отмечается на некотором расстоянии от передней поверхности резца.

Отмеченные на рис. 2 участки характеристик с некоторым возрастанием m_n в свободной и средней зонах сечения стружки или резким уменьшением этого параметра можно объяснить изменениями в соотношениях количества упрочненных и разупрочненных зерен в стружке. Подобные изменения возможны, как видно, при несвободном и защемленном резании в связи с повторными процессами деформирования, обусловленными работой вспомогательной режущей кромки резца при несвободном резании и упрочнением металла у вершин отрезного резца при защемленном резании.

В ы в о д ы

1. Форма резания наряду с условиями резания оказывает существенное влияние на величину микротвердости стружки в различных ее зонах, тем самым определяя влияние на качественные показатели обработанной поверхности характера технологических переходов механической обработки.

2. Для любой формы резания существует зависимость между микротвердостью по зонам поперечного сечения стружки, скоростью резания и подачи. При свободном и несвободном резании характеристики микротвердости по скорости резания падающие с локальными экстремумами, в случае защемленного резания характеристики локальных экстремумов не имеют.

3. Закономерность изменения микротвердости в зависимости от подачи почти типичная для всех форм резания — с повышением подачи микротвердость уменьшается. Однако для случаев несвободного и за-

и заземленного резания возможно увеличение микротвердости с определенным значением подачи, вызванное изменениями периметра среза и другими особенностями этих форм резания.

4. На свойства стружки при любой форме резания большее влияние оказывает изменение скорости резания, а не подачи.

5. При свободном и несвободном резании доминирующим в установлении механических свойств стружки является температурный фактор. В этих случаях разупрочнение металла стружки сопровождается частичным упрочнением. При заземленном резании упрочнение металла стружки сопровождается частичным его разупрочнением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Д. Дель. Определение напряжений в пластической области по распределению твердости. М., 1971.
2. П. М. Есаян. Характеристика свойств сечений стружек, полученных при различных формах резания. «Режимы резания, обеспечивающие высокое качество поверхности деталей машин», вып. V. Ереван, Изд. АН Арм. ССР, 1977.
3. М. В. Касьян, Г. К. Маркарян. Высокое качество поверхности (упрочнение) — основа повышения надежности. Ереван, 1966.
4. А. А. Маталин. Качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин. М., 1956.