

Г. К. МАРКАРЯН, Р. С. МАРКАРЯН

ВЛИЯНИЕ УКОРОЧЕНИЯ ГРАНЕЙ РЕЗЦА НА УПРОЧНЕНИЕ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Упрочнение как одна из важнейших составляющих качества поверхности в значительной степени определяет ее несущую способность.

Упрочнение поверхности после обработки лезвийным инструментом обычной геометрии исследовано к настоящему времени достаточно полно в работах [1] и [2]. В то же время качество обработки при точении прогрессивными резцами с укороченными гранями (рис. 1) исследовано крайне недостаточно. Установлены только относительно малые шероховатости при низких скоростях резания резцом с укороченной передней гранью — УПГ и к концу периода стойкости резцов с укороченной задней гранью — УЗГ [3, 4].

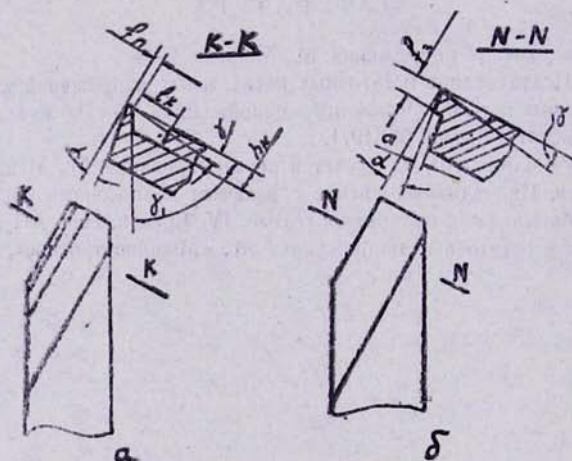


Рис. 1. Геометрия резцов с укороченными гранями
а) резец с УПГ, б) резец с УЗГ.

Известно, что с укорочением передней или задней грани резца до величин, меньших естественного контакта со стружкой и деталью, его стойкость значительно повышается [3, 5, 6], а силы резания и температура в зоне уменьшаются [7, 8]. Основываясь на этих данных, можно предположить, что упрочненное состояние обработанной поверхности будет значительно отличаться от случая точения резцом обычной геометрии.

Выяснению этих вопросов и посвящена предлагаемая статья.

Опыты проводились при точении стали 3 резцами из быстрорежущей стали P18. Выбор обрабатываемого материала диктовался необходимостью получения возможно больших глубин и степени упрочнения, а также исключения фактора фазовых превращений для облегчения анализа явлений образования поверхности. На обрабатываемых болванках прорезались глубокие поперечные канавки для выхода резца и исключения влияния температуры при проточке соседних буртов. В процессе резания регистрировались силы резания и средняя температура в зоне. Каждый эксперимент повторялся не менее трех раз и для исследований брался тот участок обработанной поверхности (бурт) при проточке которого силы и температура были наиболее близки к среднеарифметическим. Затем болванка при обильном охлаждении разрезалась на образцы.

На образцах, закрепленных в приспособлении специальной установки, изготавливались шлифы, на которых измерением микротвердости прибором ПМТ-3 по методике работы [2] изучалось упрочненное состояние обработанной поверхности. Применение специальной установки изготовления шлифов с использованием с самого начала микронных шлифов карбида бора М20, М7, М3 и последующей обработкой алмазом АСМ1 на вельюре позволило снизить дополнительный наклеп до $0,5 \text{ Дж/мм}^2$.

При постоянных подаче $s = 0,25(0,1) \text{ мм/об}$ (число в скобках для резцов с УЗГ) и глубине резания $t = 1,5 \text{ мм}$ скорость резания варьировалась от 4-х до 193 м/мин. Геометрия резцов принималась: $\gamma = 0^\circ (12^\circ)$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 20^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\alpha_1 = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $R = 0,5 \text{ мм}$, $r = 0,05 \text{ мм}$.

Укороченные передние грани принимались равными $f = 0,8; 0,5; 0,3$ и $0,2 \text{ мм}$, $h_k = 3 \text{ мм}$, $\gamma_1 = 52^\circ$ (рис. 1а). Укороченные задние грани — $f_2 = 0,5; 0,3$ и $0,2 \text{ мм}$, $a = 0,3 \text{ мм}$ (рис. 1б). Для сравнения испытывались и резцы обычной геометрии.

Влияние скорости резания на глубину упрочнения — h и микротвердость — $H_{по}$ обработанной поверхности при точении резцом с УПГ представлены на рис. 2. Приведенные зависимости показывают, что укорочение передней грани в диапазоне v до 100 м/мин снижает параметры упрочнения обработанной поверхности. В то же время укорочение грани уменьшает влияние скорости резания на h и $H_{по}$. Это приводит к тому, что при v больше 100 м/мин укорочение создает обратный эффект — небольшое увеличение параметров упрочнения.

Характер зависимостей также изменяется. Если для обычного резца и резца с $f_n = 0,8 \text{ мм}$ зависимости горбообразные, что обусловлено наростообразованием и сопутствующими ему явлениями, то резцах с малым f_n , т. е. когда наличествует небольшой по размерам, устойчивый и незначительно зависящий от v нарост, этого горба нет и зависимости имеют монотонно понижающийся вид. В то же время УПГ настолько снижает влияние скорости резания на микро-

твердость поверхности, что при $f_n = 0,2-0,3$ мм $H_{по}$ во всем диапазоне v практически постоянно.

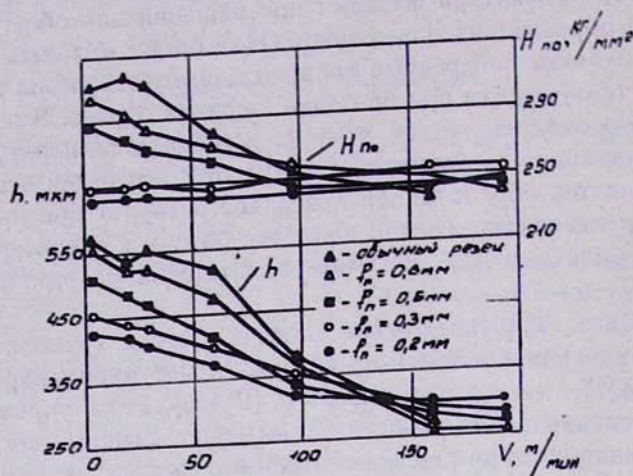


Рис. 2. Зависимость глубины упрочнения— h и микротвердости— $H_{по}$ обработанной поверхности от скорости резания— v . Резец с УПГ.

В работах [7] и [8] установлено, что с укорочением передней грани уменьшаются как силы резания, так и средняя температура в зоне, причем первое влияет в сторону уменьшения, а второе, с учетом разупрочняющего влияния температуры, в сторону увеличения параметров упрочнения обработанной поверхности. Из данных на рис. 2 видно, что на изменение качества поверхности при УПГ преобладающее влияние оказывает именно снижение сил резания. Последнее же подтверждается исследованием микроструктуры зоны резания [9], которое показало, что с укорочением передней грани напряженность и микротвердость в зоне уменьшаются, а объем пластической деформации локализуется.

Несколько подробнее следует остановиться на специфике наростообразования на резцах с УПГ. Известно, что наличие нароста на резце увеличивает фактический передний угол резца, а это должно уменьшать параметры упрочнения обработанной поверхности [2]. Однако из наших данных видно, что в диапазоне наростообразования проявляется обратный эффект, обусловленный большим радиусом вершины нароста, равносильным увеличению радиуса округления режущей кромки резца, ведущего к росту параметров упрочнения [2]. При больших скоростях нарост вырождается, радиус его вершины стремится к радиусу округления режущей кромки, и это приводит к снижению h и $H_{по}$. При УПГ картина изменяется. При малых f_n присутствие стабильного в широком диапазоне скоростей нароста [9] не влияет на соотношения зависимостей для обычного резца и резцов с УПГ вплоть до $v = 100$ м/мин. При больших скоростях, т. е. когда нарост на обычных резцах отсутствует, а площадка контакта стружки с обычным резцом уменьшается, на

резцах с УПГ нарост еще существует, причем его устойчивость с ростом τ даже возрастает, решающим фактором становится радиус вершины нароста. Этим и обуславливается некоторое увеличение параметров упрочнения поверхности с укорочением грани в диапазоне больших скоростей резания.

В связи с тем, что резцы с УПГ обладают повышенной стойкостью (6), особый интерес представляет изучение качества поверхности при изнашивании резца вплоть до окончательной потери работоспособности. Эксперименты проводились при $v=100$ м/мин, $s=0,25$ мм/об, $a_p=1,5$ мм, двух значениях $f_n=0,5$ и $0,2$ мм и обычным резцом. Резцы после соответствующей заточки и доводки проверялись на идентичность по твердости на 6—8 точках вблизи режущей кромки и в случае выхода значений за пределы диапазона HRC 62—63 ед. браковались. С целью улучшения теплоотвода в зоне h_k принималось равной 2 мм, $\gamma_1=32^\circ$.

При достижении двух минут непрерывной работы резца изучалась поверхность последнего проточенного бурта и строились зависимости h , $H_{по}$ — τ (время работы). Эксперимент повторялся до окончательного разрушения режущей кромки и тепловой посадки резца.

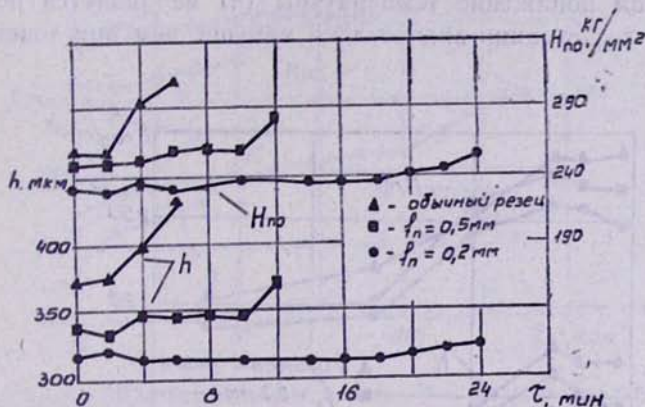


Рис. 3. Зависимость глубины упрочнения— h и микротвердости— $H_{по}$ обработанной поверхности от времени резания— τ . Резец с УПГ.

Из представленных на рис. 3 результатов видно, что испытанные резцы отличаются друг от друга как по стойкости, так и по виду зависимостей от времени резания. В то время как h , $H_{по}$ для случая точения обычным резцом интенсивно возрастает (на 57 мкм и 50 кг/мм² соответственно) при $f_n=0,5$ мм, параметры упрочнения стабильны на всем протяжении стойкости резца и только на последних двух минутах круто возрастают. При точении резцом с $f_n=0,2$ мм оба параметра вплоть до $\tau=18$ мин практически постоянны, а начиная с этого момента повышаются вплоть до разрушения режущей кромки (h на 15 мкм, $H_{по}$ на 20—25 кг/мм²).

Практически износ резцов с УПГ идет только по передней гра-

ни, причем классическая форма лунки на обычном резце при $f_n = 0,5$ мм становится более мелкой и охватывает все УПГ, а при $f_n = 0,2$ мм износ идет только по кромке за УПГ, образуя ступеньку на стыке УПГ и гранью под углом $\gamma_1 = 32^\circ$, в то время как остальная поверхность УПГ прикрыта стабильным наростом. В обоих случаях геометрия режущего клина и контактные поверхности достаточно стабильны, что и приводит к стабильности упрочнения поверхности на большем протяжении периода стойкости.

Интересно отметить, что при стойкостных испытаниях (6) резцы с $f_n = 0,5$ мм выходили из строя преимущественно из-за теплового воздействия, в то время как резцы с $f_n = 0,2$ мм из-за температуры и поломок, причем в примерно равном количестве.

Уменьшения параметров упрочнения с укорочением задней грани следовало ожидать уже исходя из более низких значений силы резания и особенно ее горизонтальных составляющих [7]. Результаты экспериментов (рис. 4) подтвердили это предположение. Уменьшение h и $H_{по}$ обработанной поверхности вызвано сокращением пути трения поверхности резания о заднюю грань инструмента с соответственным уменьшением степени и глубины деформации поверхностного слоя. Наблюдавшееся при этом понижение температуры (8) не является решающим, так как сами деформации значительно меньше, чем при точении обычным резцом.

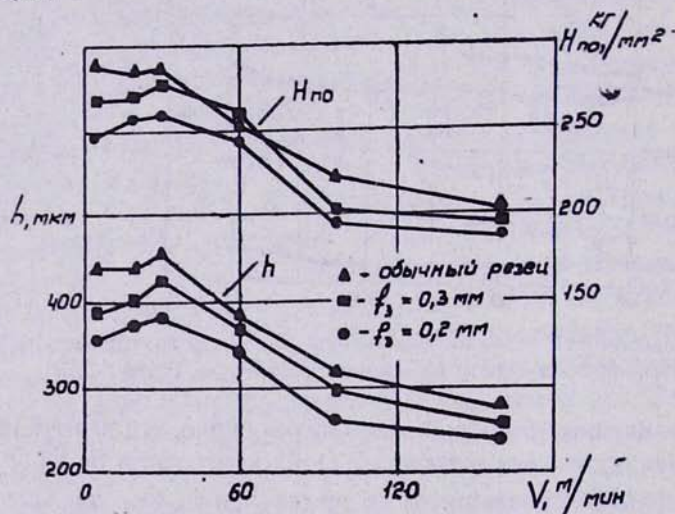


Рис. 4. Зависимость глубины упрочнения— h и микротвердости— $H_{по}$ обработанной поверхности от скорости резания— v . Резец с УЗГ.

Вид зависимостей $h, H_{по} \sim v$ от укорочения задней грани не изменяется, т. е. кривые сначала несколько повышаются, затем, образуя горбы, после скорости резания $v = 30$ м/мин понижаются. При этом укорочение задней грани приводит практически к постоянному в ее диапазоне скоростей понижению глубины упрочнения (около

9% для $f_3 = 0,2$ мм). Аналогичное снижение претерпевает и микротвердость поверхности (за исключением H_{no} для $f_3 = 0,3$ мм при $v = 60$ мм/мин).

Изучение упрочнения поверхности на протяжении периода стойкости резцов с УЗГ проводилось при тех же режимах, что и для резцов с ППГ, лишь подача принималась равной 0,1 мм/об., что обуславливалось необходимостью получения превалирующего износа по задней грани резца. Испытывались обычный резец и резцы с $f_3 = 0,5$ и 0,3 мм. Первое значение принималось из расчета, что стойкость резцов с УЗГ повышается с укорочением задней грани до значений равных или несколько меньших предельно допустимых площадок износа по этой грани [6]. Второе — с целью выяснить изменение параметров упрочнения при f_3 , меньших первоначальной протяженности контакта резец—поверхность резания. Интервал работы резца между измерениями принимался равным 2,5 минуты.

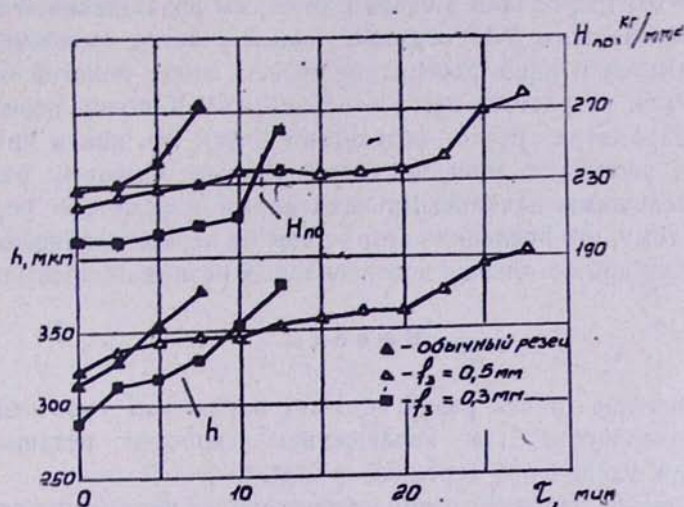


Рис. 5. Зависимость глубины упрочнения— h и микротвердости— H_{no} обработанной поверхности от времени резания— τ . Резец с УЗГ.

Из результатов экспериментов (рис. 5) видно, что в начальный период резания параметры упрочнения для обычного резца и резца с $f_3 = 0,5$ мм практически равны, а для $f_3 = 0,3$ мм несколько меньше (h на 25—30 мкм, H_{no} на 20—25 кг/мм²). Равенство h и H_{no} для обычного резца и резца с $f_3 = 0,5$ мм сохраняется на протяжении 2,5—5 мин. от начала работы, затем, в то время как параметры для обычного резца начинают круто повышаться, для резца с $f_3 = 0,5$ мм они практически стабилизируются и до $\tau = 17,5$ мин. возрастают очень незначительно. После этого оба параметра растут сначала медленно, затем все быстрее вплоть до разрушения резца, причем H_{no} достигает, а h даже превышает соответствующие значения для обычного резца перед разрушением.

Следует отметить, что зависимости сил резания и температуры в зоне от времени резания также имеют подобный вид [7, 8], что говорит о глубокой взаимосвязи упрочнения поверхности с изменением характеристик процесса резания при изнашивании резца.

Такой вид зависимостей следует объяснить следующим образом. В начальный период резания, когда протяженность естественного контакта резец—деталь не превышает 0,5 мм, условия трения в контакте в обоих случаях одинаковы. После выхода площадки износа на всю ширину укороченной задней грани на резце с $f_z = 0,5$ мм износ идет в глубину без существенного увеличения площадки. Этот участок соответствует стабильному отрезку — от 5 до 17,5 мин. (рис. 5). При достижении глубины подточки площадка износа начинает увеличиваться, и при значениях, близких к ширине площадки износа обычного резца, перед его разрушением резец теряет режущую способность.

Вид зависимостей для резцов с $f_z = 0,3$ мм схож с видом кривых для резца с $f_z = 0,5$ мм, однако в связи с быстрым изнашиванием меньшего объема образованного УЗГ горизонтальный участок зависимости $h \sim t$ почти не заметен и лишь посередине ее есть более пологий отрезок, а $H_{по}$ за 10 мин. возрастает всего на 15 кГ/мм². К концу периода стойкости оба параметра резко возрастают и так же, как и при резце с $f_z = 0,5$ мм, достигают значений, свойственных обычному резцу. Это, наряду с меньшими начальными значениями параметров упрочнения, приводит к тому, что последние возрастают за период стойкости на 30%, в то время как при остальных исследованных резцах не превышает 22%.

В ы в о д ы

1. Укорочение граней резца снижает параметры упрочнения обработанной поверхности (за исключением скорости резания свыше 100 м/мин при укорочении передней грани).

2. Укорочение передней грани стабилизирует параметры упрочнения на всем протяжении стойкости резца, а укорочение задней грани продлевает отрезок стабилизации упрочнения, соответствующий нормальному износу резца.

3. Укорочение граней резца создает возможность регулирования упрочнения с целью оптимизации в каждом отдельном случае эксплуатации.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. А. Маталин. Технологические методы повышения долговечности деталей машин. Киев, 1971.
2. М. В. Касьян, Г. К. Маркарян. Высокое качество поверхности (упрочнение) — основа повышения надежности. Ереван, 1966.
3. Усуи и Шоу. Автоматные стали, ч. 4. Резцы с уменьшенной длиной контакта со стружкой. Труды американского общества инженеров-механиков. Серия В, 1962. № 1.

4. Г. С. Николаева. Повышение стойкости режущих инструментов и улучшение качества обработанной поверхности. ГОСИНТИ, № 6-66-362/102, 1966.
5. Ю. А. Грицаенко. Инструменты с укороченными поверхностями. Труды Московского института нефтехимической и газовой промышленности, вып. 34, 1961.
6. Р. С. Маркарян, У. С. Арутюнян. Применение резцов с укороченными гранями. АрмИНТИ, 1973, № 20.
7. Г. К. Маркарян, Р. С. Маркарян. Силы резания при точении резцами с укороченными гранями. «Промышленность Армении», 1974, № 3.
8. Г. К. Маркарян, Р. С. Маркарян. Температура в зоне резания при укорочении граней резца. «Промышленность Армении», 1974, № 6.
9. М. Ф. Полетика. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. М., 1969.