

Технология и технологические машины

УДК 621.09.02

DOI 10.18698/0536-1044-2017-7-51-59

Влияние наростообразования на параметрические отказы машинных разверток при обработке конструкционных сталей

А.Е. Древалъ

МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

The Impact of Built-Up Edge on Parametric Failures of Machine Reamers when Machining Structural Steel

A.E. Dreval

BMSTU, 105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1 e-mail: dreval_a@mail.ru

i Рассмотрена взаимосвязь износа и наростообразования при обработке отверстий в конструкционных сталях машинными развертками. Приведены результаты исследования высоты и положения нароста на режущих и калибрующих кромках при моделировании работы одного зуба инструмента и средних значений указанных показателей при обработке непосредственно разверткой. Установлено, что рост износа как при моделировании работы зуба инструмента, так и при реальном развертывании сопровождается увеличением высоты нароста и его перемещением с главной режущей кромки на вспомогательную калибрующую. При определенном значении износа нарост выступает за пределы образующей калибрующей части инструмента, что сказывается на точности обработки. При превышении износом ширины калибрующей ленточки процесс развертывания претерпевает качественные изменения. Это обусловлено тем, что вероятность срыва основы нароста, находящейся на калибрующей ленточке, очень велика, и устойчивость нароста уменьшается. Развертывание становится менее стабильным, изменяются показатели точности и шероховатости обработки, увеличивается их рассеивание. Неустойчивость нароста оказывает существенное влияние на износ калибрующих ленточек, по мере увеличения наработки на них появляются риски и проточки. Статистический анализ средних квадратических отклонений распределений разбивки отверстий и их шероховатости, полученных в пределах износа разверток до ширины калибрующих ленточек и при превышении этого значения, показал существенные различия при вероятности $P = 0,95$, что подтверждает качественное изменение процесса изнашивания.

Ключевые слова: машинные развертки, срывы нароста, режущая кромка, калибрующая кромка, износ задней поверхности, разбивка отверстий

i This paper describes the relationship between wear and build-up formation when machining holes in structural steel by machine reamers. The author presents the results of studying

the height and position of the build-up on cutting and calibrating edges when modelling the operation of one tooth of the tool with average values of the above-mentioned indicators when machining by reaming. It is established that an increase in wear, both when modelling the tool operation and with real reaming, is accompanied by an increase in the build-up height and its movement from the main cutting edge to the auxiliary calibrating edge. At a certain wear value, the build-up bulges out beyond the forming calibrating part of the tool, which compromises the accuracy of machining. When the wear exceeds the width of the calibrating strip, the reaming process undergoes qualitative changes. This results from the fact that the probability of the build-up detaching from the calibrating strip is very high, and the build-up stability decreases. Reaming becomes less stable, accuracy and smoothness indicators change and become more dispersed. The instability of the build-up has a significant impact on the wear of the calibrating strip, and scratch marks and stripes appear overtime. A statistical analysis of the mean square deviations of reaming distribution and roughness, obtained within the wear limits of the reamer, up to the width of the calibrating strips and exceeding this value, has shown significant variations at the probability $P = 0.95$, which confirms the qualitative change in the wear process.

Keywords: machine reamers, build-up detachment, cutting edge, calibrating edge, wear of the rear surface, reaming

Работоспособность машинных разверток (МР) ограничена показателями качества обработанных отверстий: точностью размера диаметра и формы в продольном и поперечном сечениях, шероховатостью поверхности и др. Выход этих показателей за допустимые пределы, установленные техническими требованиями, считается параметрическим отказом МР. Наиболее часто нормируются показатели точности диаметра и шероховатости отверстия. К развернутым отверстиям предъявляются высокие технологические требования по точности (H7...H9) и шероховатости ($Ra \leq 2,5$ мкм) [1, 2]. В предлагаемой работе рассмотрена наиболее распространенная в машиностроении технологическая схема обработки точных отверстий сверление–зенкерование–развертывание, обеспечивающая указанные показатели точности и шероховатости.

Точность и шероховатость отверстий зависят от многих факторов, сопровождающих технологический процесс развертывания. К основным из них относятся точность и жесткость технологической наладки, условия эксплуатации инструмента (режимы развертывания, смазочно-охлаждающие технологические средства), конструктивные, геометрические параметры разверток, их точность, износ инструмента и др.

В рамках лабораторных исследований применение точных заготовок, плавающего–качающего закрепления МР, получение отверстий сверлением и развертыванием с помощью одной установки позволяют свести к минимуму зависимость процесса развертывания от технологической оснастки и оценить влияние параметров режима резания и конструктивных особенностей инструмента на точность и шероховатость обработанных отверстий. Исследование влияния конструктивных элементов и точности изготовления МР на точность и шероховатость обработанных отверстий представлено в ряде научных работ [3–7].

При развертывании отверстий в заготовках, выполненных из углеродистых сталей, происходит изнашивание элементов рабочей части инструмента. Характерный вид изношенного зуба МР [8] показан на рис. 1.

Вдоль главной режущей кромки AB по задней поверхности при наработке образуется полоска износа шириной h_3 и длиной l в пределах глубины резания. Износ калибрующей ленточки происходит в двух направлениях: вдоль

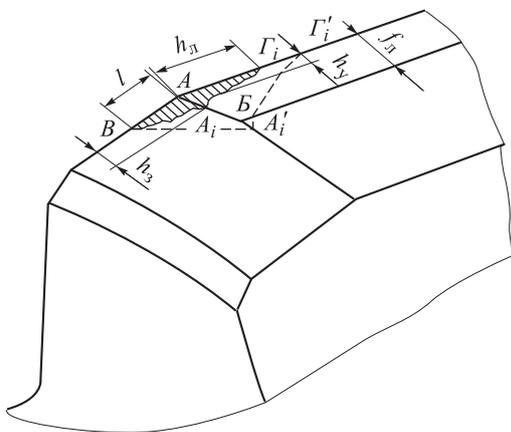


Рис. 1. Характерный вид изношенного зуба МР

нее h_x и перпендикулярно ей h_y . Наиболее интенсивному изнашиванию подвержено место пересечения главной задней и вспомогательной поверхностей — линия AB . Вершина изношенной поверхности (точка A) сначала перемещается по линии AB в пределах ширины калибрующей ленточки f_n . При длительной эксплуатации инструмента точка A_i выходит за пределы калибрующей ленточки. Износ ленточки h_n , поддающийся измерению при любой наработке инструмента, определяет величину стачивания МР при переточках, которую следует принимать для оценки износа ленточек.

В соответствии с нормативами режимов резания [1] черновое и чистовое развертывание осуществляется в диапазоне скоростей резания $v = 4 \dots 15$ м/мин. Обработка заготовок из конструкционных сталей в таком диапазоне скоростей резания сопровождается устойчивым наростообразованием [9].

Влияние нароста на формирование поверхности и показатели ее качества отмечено во многих исследованиях отечественной школы обработки металлов резанием [9, 10] и в известных зарубежных публикациях [11]. Основная часть научных изысканий посвящена определению зависимости высоты нароста и частоты срывов от параметров режима резания, а также влиянию нароста на качество обработанных поверхностей.

Существование нароста сказывается на процессе изнашивания. При этом обнаруживается двойственная природа взаимосвязи наростообразования и изнашивания. С одной стороны, износ влияет на размеры, устойчивость и положение нароста на лезвии, а с другой, нарост оказывает влияние на топографию износа и скорость изнашивания МР.

Цель работы — установить взаимосвязь между высотой и положением нароста на лезвии и износом рабочих поверхностей МР, а также исследовать влияние этой взаимосвязи на показатели точности и шероховатости поверхности, полученной при развертывании.

Выполнено моделирование работы одного зуба МР на поперечно-строгальном станке модели 7Е35 по схеме, приведенной на рис. 2. Использование моделирования позволяет избежать влияния погрешностей изготовления зубьев в пределах одного многозубого инструмента — МР — на размеры и положение нароста на лезвии, исключить искажения и срывы нароста при изъятии инструмента из отвер-

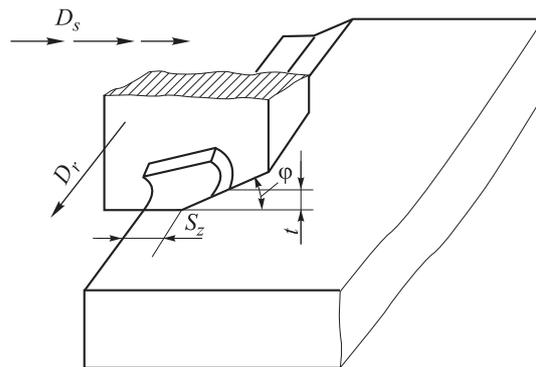


Рис. 2. Схема моделирования работы зуба МР:
 D_s — движение подачи; D_r — главное движение

стия, обеспечить повторяемость опытов в одинаковых условиях, упростить измерение износа и нароста. Все это повышает достоверность полученных результатов.

Моделировалась работа зуба МР из быстрорежущей стали Р18 со следующими геометрическими параметрами: задний угол $\alpha = 10^\circ$, передний угол $\gamma = 0^\circ$, угол режущей части $\phi = 15^\circ$, ширина ленточки (вспомогательная задняя поверхность) $f_n = 0,2$ мм — при обработке заготовок из стали 45 твердостью 197...205 НВ. Параметры режима резания: скорость резания $v = 19,2$ м/мин, глубина резания $t = 0,1$ мм, подача на двойной ход $S_{2x} = 0,2$ мм/дв.ход.

Моделирование работы зуба МР показало, что с ростом износа задней поверхности h_3 происходит постепенное увеличение высоты нароста H с одновременным перемещением его к вершине инструмента на расстояние H_1 и последующим распространением на калибрующую ленточку (рис. 3, слева). Аналогичные результаты (рис. 3, справа) получены путем испытания МР диаметром $d = 14,55$ мм из быстрорежущей стали Р6М5 при обработке заготовок из стали 45 твердостью 187...192 НВ. Параметры режима резания: скорость резания $v = 23$ м/мин, подача на оборот $S_o = 0,42$ мм/об, глубина резания $t = 0,2$ мм.

При определенном значении износа ($h_3 = 0,18$ мм) нарост начинает выступать за пределы калибрующей ленточки, тем самым изменяя формообразующий размер инструмента (рис. 4, слева). Аналогичные близкие результаты по изменению высоты и положения нароста на лезвии МР при увеличении наработки получены при развертывании на некоторых зубьях МР (рис. 4, справа).

Установлено, что и при моделировании, и при реальном развертывании, несмотря на раз-

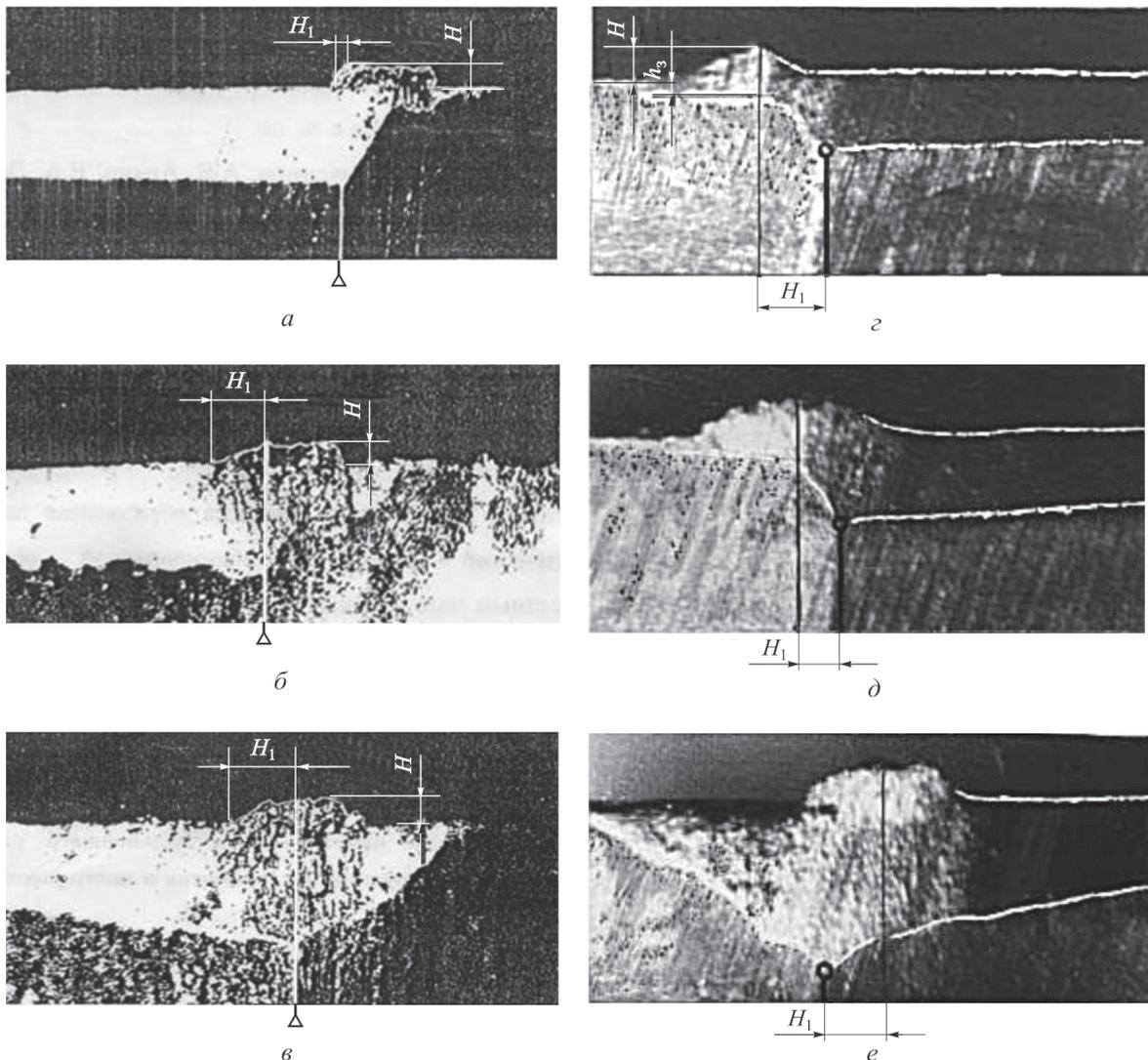


Рис. 3. Взаимосвязи износа задней поверхности h_3 с высотой H нароста и его перемещением H_1 вдоль режущих кромок, выявленные при моделировании работы зуба МР (слева) и испытании МР (справа), для различных значений износа:

$a - h_3 = 0$ мм; $б - h_3 = 0,176$ мм; $в - h_3 = 0,386$ мм; $z - h_3 = 0,04$ мм; $д - h_3 = 0,12$ мм; $e - h_3 = 0,22$ мм

личные значения параметров режима резания, нарост начинает выступать за пределы образующих вспомогательных кромок при износе задней поверхности $h_3 \approx 0,18$ мм. Зависимости высоты нароста H и его перемещения H_1 вдоль режущей кромки резца от износа h_3 при моделировании представлена на рис. 5, а. Аналогичные зависимости между средними значениями износа и параметрами H и H_1 , полученные при испытании МР диаметром $d = 14,55$ мм, приведены на рис. 5, б. Результаты моделирования работы одного зуба инструмента и испытаний МР подтверждают закономерности изменения износа задней поверхности с высотой нароста и его перемещением на калибрующие ленточки при увеличении h_3 .

Износ рабочих элементов режущей части МР при обработке углеродистых сталей сопровождается налипанием обрабатываемого материала на изношенные поверхности (см. рис. 3, справа). Наиболее интенсивно этот процесс протекает в месте сопряжения изношенных главных и вспомогательных задних поверхностей. Налипы обрабатываемого материала периодически удаляются (сносятся) поверхностью резания. Некоторая часть остается в «заторможенном» состоянии из-за наличия ребра AB , препятствующего их удалению. Эти налипы выполняют роль «фундамента» для нароста.

По мере роста износа граница износа $BA_i\Gamma_i'$ (см. рис. 1) охватывает большую поверхность,

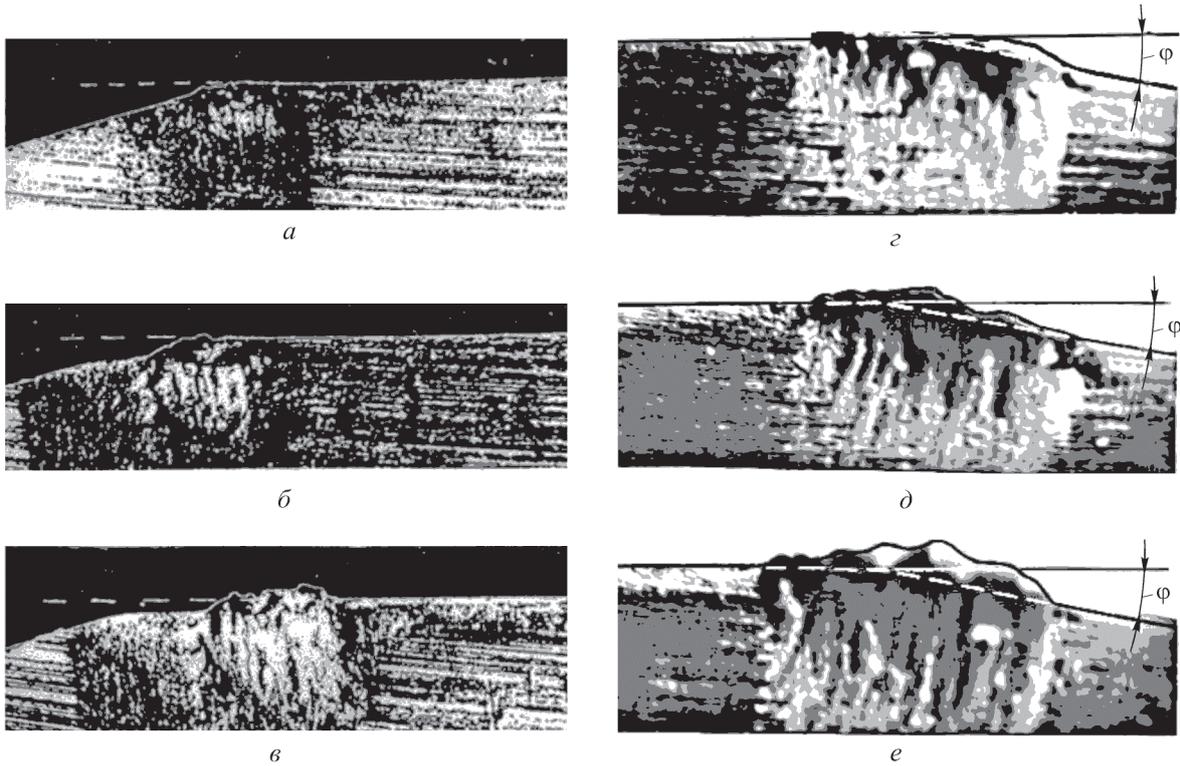


Рис. 4. Положения нароста относительно образующей калибрующей ленточки, полученные при моделировании работы зуба МР (слева) и испытании МР (справа), для различных значений износа задней поверхности:

a — $h_3 = 0$ мм; *б* — $h_3 = 0,176$ мм; *в* — $h_3 = 0,386$ мм; *z* — $h_3 = 0,12$ мм; *д* — $h_3 = 0,25$ мм; *е* — $h_3 = 0,33$ мм

что способствует увеличению высоты нароста и определяет его положение на лезвии. Такое состояние нароста сохраняется до тех пор, пока износ не выйдет за пределы ленточки (точка A_i'). При превышении износом ширины ленточки ($h_3 > f_{л}$) вероятность срыва основы нароста (налипы) на изношенной поверхности становится очень большой вследствие отсутствующего ребра AB , и устойчивость нароста нарушается. С этого момента разворачивание становится менее стабильным, увеличивается рассеивание выходных показателей точности и шероховатости обработки. Дальнейший рост

износа приводит к параметрическому отказу и потере работоспособности зуба инструмента.

Неустойчивость нароста оказывает существенное влияние на износ калибрующих ленточек и вспомогательных задних поверхностей. По мере увеличения наработки L на них появляются риски и проточки. На рис. 6 показано образование проточин на калибрующих ленточках инструмента диаметром $d = 14,5$ мм при обработке заготовки из стали 45 твердостью 187...195 НВ ($v = 11,4$ м/мин, $S_0 = 0,83$ мм/об, $t = 0,2$ мм). Проточки формируются постепенно и в начальный момент эксплуатации МР

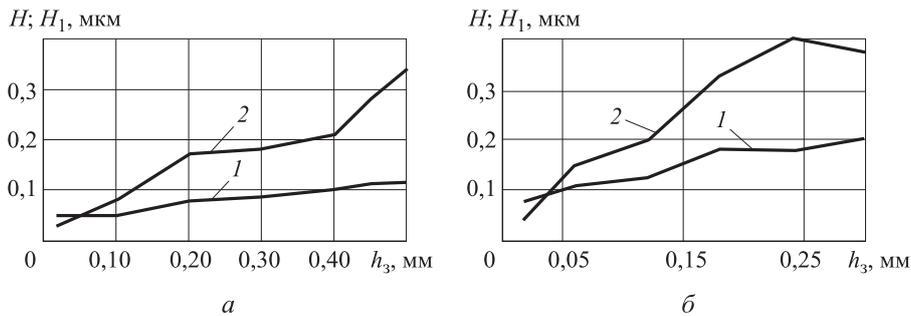


Рис. 5. Зависимости высоты H (1) и перемещения H_1 нароста вдоль режущих кромок (2) от износа задней поверхности h_3 , полученные при моделировании работы зуба МР (а) и испытании МР (б)

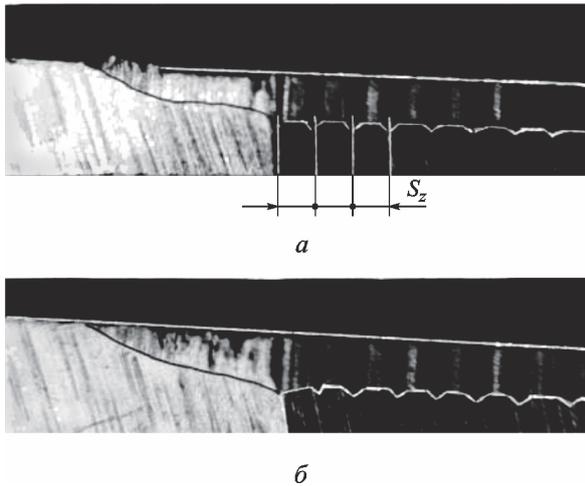


Рис. 6. Образование проточин на калибрующих ленточках МР при увеличении наработки:
а — $L = 2\ 100$ м; б — $L = 2\ 400$ м

отсутствуют. При разрушении нарост, являющийся твердым телом, попадает под задние поверхности и оказывает на них абразивное воздействие. Частицы разрушенного нароста внедряются в обработанную поверхность и удаляются следующим зубом инструмента. Этим можно объяснить выраженную цикличность появления проточин с шагом, близким подаче на зуб $S_z = S_0/z$ (z — количество зубьев). Глубина проточин колеблется в пределах $50 \dots 70$ мкм, ширина — $80 \dots 130$ мкм. Размеры частиц нароста превосходят сечения рисок и его большая часть внедряется в обработанную поверхность. Внедрившиеся частицы нароста являются источником абразивного воздействия на задние

поверхности зубьев инструмента. Это положение согласуется с выводами, приведенными в работе [12], где доказано, что абразивное действие по задней поверхности вызвано не твердыми включениями в обрабатываемом материале (карбиды, оксиды), а частицами периодически срывающегося нароста.

Точность изготовления отдельных зубьев МР различна, что приводит к их неравномерному износу в пределах одного инструмента. На основе экспериментально установленной взаимосвязи высоты положения нароста на лезвии с износом можно заключить, что в пределах инструмента указанные параметры нароста будут неодинаковыми. Следовательно, срывы нароста могут происходить в разных местах винтовой траектории, описываемой каждой точкой режущего лезвия, и, соответственно, будут оказывать влияние на износ каждого последующего зуба в различных точках его режущей кромки, тем самым изменяя топографию износа МР в целом.

Разрыв линии АБ (см. рис. 1) происходит одновременно на всех зубьях МР, поэтому дальнейшее состояние обработанной поверхности будет определяться тем зубом или зубьями, у которых износ задней поверхности превысил ширину ленточки. Для этого момента характерно такое положение нароста, когда он значительно выступает за пределы образующей ленточки (см. рис. 4) и становится менее устойчивым. Выступающая часть нароста «пропахивает» борозды, которые не в состоянии устранить калибрующие ленточки. Изме-

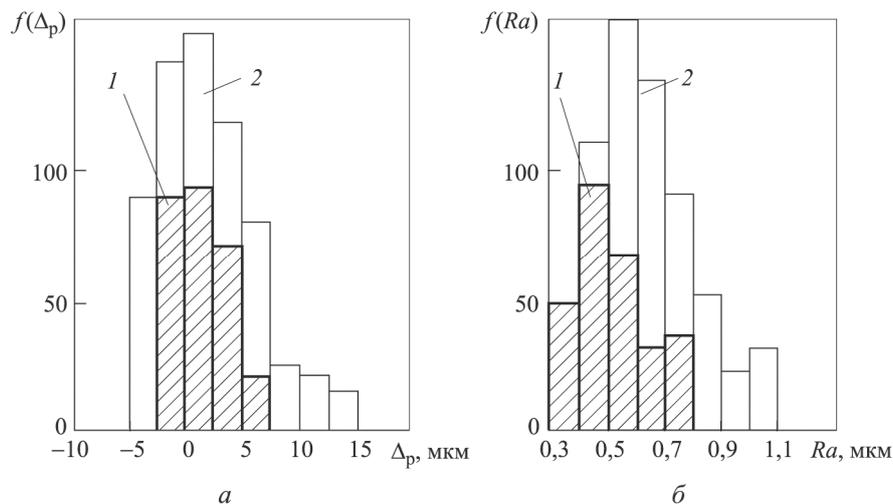


Рис. 7. Распределения разбивки отверстий Δ_p (а) и шероховатости поверхностей Ra (б), обработанных МР, при изменении износа задней поверхности в различных диапазонах:
1 — $h_3 = 0 \dots f_j$; 2 — $h_3 = 0 \dots 0,6$ мм

няется динамика изнашивания, а следовательно, и показатели качества обработки.

На рис. 7 приведены гистограммы распределения разбивки отверстий и шероховатости поверхностей, обработанных МР, при изменении износа задней поверхности от нуля до значения, равного ширине ленточки f_n (гистограмма 1), и от нуля до предельного значения $h_3 = 0,6$ мм, установленного в нормативной литературе (гистограмма 2). Гистограммы построены по результатам испытания МР диаметром $d = 14,5$ мм из быстрорежущей стали Р6М5 при обработке заготовок из стали 45 твердостью 187...195 НВ ($v = 11,4$ м/мин, $S_o = 0,32$ мм/об, $t = 0,25$ мм). Статистический анализ средних квадратических отклонений распределений разбивки отверстий и их шероховатостей, полученных в пределах износа разверток до ширины калибрующих ленточек и при превышении этой величины, показал существенные различия при вероятности $P = 0,95$. Эти данные подтверждают, что при $h_3 > f_n$ процесс развертывания претерпевает качественные изменения. Об этом свидетельствует увеличение доли обработанных отверстий пониженной точности и повышенной шероховатости в их общем объеме при эксплуатации МР до предельного состояния по сравнению с работой МР до износа $h_3 \leq f_n$. Так, средние значения разбивки отверстий изменяются в пределах 2,94...3,23 мкм, средние квадратические отклонения — 0,568...0,711 мкм, коэффициент вариации — 0,193...0,242. Средние значения шероховатости обработанных отверстий варьируются в интервале 0,71...0,742 мкм, средние квадратические отклонения — 0,152...0,211 мкм, коэффициент вариации — 0,215...0,284.

Указанные значения коэффициентов вариации позволяют с допустимой точностью принимать распределение разбивки и шероховатости соответствующим законом Гаусса. Проверка расхождения средних квадратических отклонений разбивки и шероховатости с использованием критерия Фишера показала значимость расхождения, что подтверждает качественные изменения в процессе развертывания при достижении значения износа, превышающего ширину калибрующей ленточки ($h_3 > f_n$).

Выводы

1. Размеры и расположение нароста, сопровождающего процесс развертывания отверстий, связаны с износом режущих элементов инструмента. По мере увеличения износа высота нароста возрастает, и он постепенно перемещается в зону сопряжения режущих и калибрующих кромок. Технологические показатели развертывания — точность и шероховатость — существенно зависят от местоположения на режущих кромках и высоты нароста.

2. При износе задней поверхности МР, превышающем ширину калибрующей ленточки ($h_3 > f_n$), нарост выступает за образующую калибрующей части, становясь менее устойчивым, вследствие чего процесс развертывания претерпевает качественные изменения: увеличивается доля отверстий более низких качественных точности и повышенной шероховатости.

3. Значение износа задней поверхности МР, не превышающее ширины ленточки ($h_3 \leq f_n$), может быть использовано как ограничение износа, при котором обеспечивается получение лучших технологических показателей при развертывании.

Литература

- [1] Локтев А.Д., Гущин И.Ф., Бокгольд М.Ф., Балашов Б.Н. *Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник*. В 2-х т. Москва, Машиностроение, 1991. Т. 1, 640 с.; т. 2, 304 с.
- [2] Дальский А.М., Суслов А.Г., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., ред. *Справочник технолога-машиностроителя*. Т. 2. Москва, Машиностроение, 2001. 943 с.
- [3] Кирсанов С.В. Влияние конструкции развертки на огранку обработанных отверстий. *СТИН*, 2000, № 4, с. 22–23.
- [4] Холмогорцев Ю.П. Влияние условий резания при развертывании на шероховатость поверхности вязких сталей. *Вестник машиностроения*, 2001, № 3, с. 38–40.
- [5] Железнов Г.С., Широков А.Б. Влияние отклонения оси развертки от оси вращения шпинделя станка на разбивку обработанного отверстия. *СТИН*, 2015, № 12, с. 28–32.

- [6] Железнов Г.С. Железнова С.Г. Влияние биения режущей части развертки на образование отклонений размера и формы обработанной поверхности. *СТИН*, 2012, № 11, с. 11–14.
- [7] Древал А.Е. Взаимосвязь точности обработки отверстий и точности углов режущей части машинных разверток. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2016, № 12, с. 3–8.
- [8] ГОСТ 1672–80. *Развертки машинные цельные. Типы, параметры, размеры*. Москва, Изд-во стандартов, 1998. 15 с.
- [9] Грановский Г.И., Грановский В.Г. *Резание металлов*. Москва, Высшая школа, 1985. 304 с.
- [10] Бобров В.Ф. *Основы теории резания металлов*. Москва, Машиностроение, 1975. 344 с.
- [11] Трент Е.Н. *Резание металлов*. Москва, Машиностроение, 1980. 263 с.
- [12] Лоладзе Т.Н. *Прочность и износ режущих инструментов*. Москва, Машиностроение, 1966. 224 с.

References

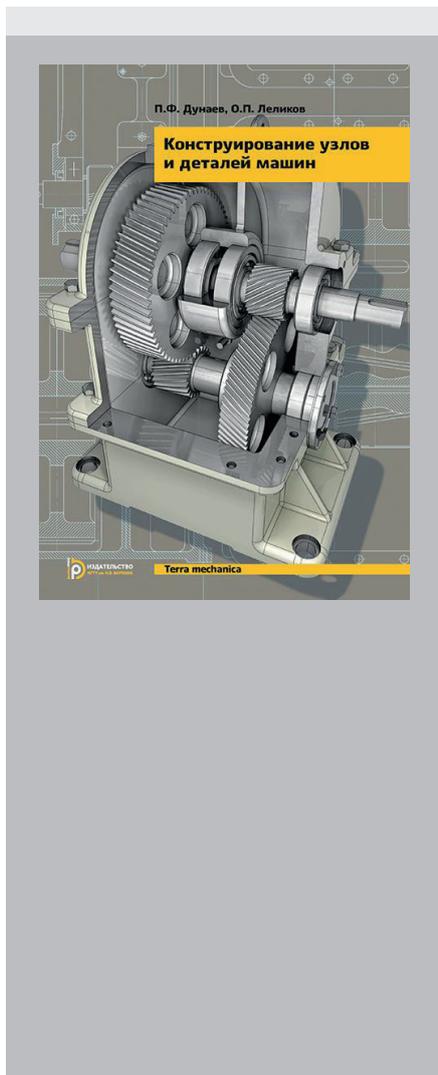
- [1] Loktev A.D., Gushchin I.F., Bokgol'd M.F., Balashov B.N. *Obshchemashinostroitel'nye normativy rezhimov rezaniia: spravochnik* [Engineering standards of cutting modes: a handbook]. 2 vol. Moscow, Mashinostroenie publ., 1991. 640 p.
- [2] *Spravochnik tekhnologa-mashinostroitelia* [Reference technologist-mechanical engineer]. Ed. Dal'skii A.M., Suslov A.G., Kosilova A.G., Meshcheriakov R.K. Vol. 2. Moscow, Mashinostroenie publ., 2001. 943 p.
- [3] Kirsanov S.V. Vliianie konstruktssii razvertki na ogranku obrabotannykh otverstii [Effect of sweep design on the cut hole]. *STIN* [Russian Engineering Research]. 2000, no. 4, pp. 22–23.
- [4] Kholmogortsev Iu.P. Vliianie uslovii rezaniia pri razvertyvanii na sherokhovatost' poverkhnosti viazkikh stali [The influence of cutting conditions when deployed on the surface roughness of the soft steel]. *Vestnik mashinostroeniia* [Russian Engineering Research]. 2001, no. 3, pp. 38–40.
- [5] Zheleznov G.S., Shirokov A.V. Influence of misalignment of the reamer and spindle axes on the precision of the machined hole. *Russian Engineering Research*, 2016, vol. 36, no. 7, pp. 603–606.
- [6] Zheleznov G.S. Zheleznova S.G. Vliianie bieniia rezhushchei chasti razvertki na obrazovanie otklonenii razmera i formy obrabotannoi poverkhnosti [The influence of runout of the cutting sweep to the formation of deviations of the size and shape of the processed surface]. *STIN* [Russian Engineering Research]. 2012, no. 11, pp. 11–14.
- [7] Dreval' A.E. Vzaimosviaz' tochnosti obrabotki otverstii i tochnosti uglov rezhushchei chasti mashinnykh razvertok [The Correlation between the Accuracy of Hole Machining and the Accuracy of Angles of the Reamer Cutting Edge]. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Mashinostroenie* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building]. 2016, no. 12, pp. 3–8.
- [8] ГОСТ 1672–80. *Razvertki mashinnye tsel'nye. Tipy, parametry, razmery* [State Standard 1672–80. Solid machine reamers. Types, parameters and dimensions]. Moscow, Standartinform publ., 1998. 15 p.
- [9] Granovskii G.I., Granovskii V.G. *Rezanie metallov* [Cutting of metals]. Moscow, Vysshiaia shkola publ., 1985. 304 p.
- [10] Bobrov V.F. *Osnovy teorii rezaniia metallov* [Fundamentals of the theory of metal cutting]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1975. 344 p.
- [11] Trent E.N. *Rezanie metallov* [Cutting of metals]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1980. 263 p.
- [12] Loladze T.N. *Prochnost' i iznos rezhushchikh instrumentov* [Strength and wear of cutting tools]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1966. 224 p.

Информация об авторе

ДРЕВАЛЬ Алексей Евгеньевич (Москва) — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Инструментальная техника и технологии». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: dreval_a@mail.ru).

Information about the author

DREVAL Aleksey Evgenievich (Moscow) — Doctor of Science (Eng.), Professor, Head of Tools and Tooling Technologies Department. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: dreval_a@mail.ru).



В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана
вышло в свет 13-е издание учебного пособия
П.Ф. Дунаева, О.П. Леликова

«Конструирование узлов и деталей машин»

Изложены основные принципы конструирования узлов и деталей машин, расчеты, позволяющие определить необходимые размеры узлов и деталей машин общемашиностроительного применения. Рекомендации по конструированию и монтажу сопровождаются анализом условий работы деталей в машинах. Рассмотрены современные лазерные приборы, разработанные фирмой SKF (Швеция), для точного измерения расцентровок валов соединяемых узлов в машинах и для выверки положения шкивов клиноременных передач. Описаны конструкция и методика подбора универсальной подводимой опоры, допускающей погрешности взаимного положения корпусов вдоль оси, нормальной к поверхности контакта и углового взаимного смещения соединяемых поверхностей. Приведены методические указания к выполнению чертежей типовых деталей машин и сборочных единиц, правила оформления учебной конструкторской документации. Представлены анализ результатов расчета передач на ЭВМ и рекомендации по выбору оптимального варианта для конструктивной проработки; учтены некоторые изменения в методиках расчетов передач, подшипников качения, конструирования корпусных деталей и др.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по машиностроительным направлениям подготовки специалистов, а также преподавателей и работников конструкторских бюро предприятий.

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;
press@bmstu.ru; www.baumanpress.ru