

u/96

7000 STUTTGART 1,
POSTFACH 506 - HOLZGARTENSTRASSE 16
HAUPTINGANG: MAX-KADE-WEG
RUF 20731 - FERNSCHREIBER 07 - 22450

Afanas'jev, V.F. (Ing.)

BEARBEITUNGSGENAUIGKEIT UND OBERFLÄCHENGÜTE BEIM
SCHNELLENSENKEN VON GRAUGUSS

Vestnik mašinostrojenja. Moskva,
37 (1957), Nr 4, S. 48 - 49.

[Russ.: Točnost' i čistota obrabotki serogo čuguna
pri skorostnom zenkerovanii.]

- (48) Im vorliegenden Artikel sind die Ergebnisse einer Untersuchung über die Bearbeitungsgenauigkeit und die Oberflächengüte von Grauguß beim Schnellsenken dargelegt. Das Gußeisen wurde (ohne Kühlung) mit Senkern zerspant, die einen Durchmesser von 32 mm hatten und auf die Platten aus VK8-Hartmetall aufgelötet wurden. Das Zerspanen wurde auf einer Radialbohrmaschine vom Modell 2A135 vorgenommen. Die Genauigkeit der Löcher wurde mit einem Innentaster mit einer Ablesegenauigkeit von 0,001 mm und der Durchmesser des Senkbohrers mit einem Mikrometer (mit Meßuhr) mit einer Genauigkeit von 0,002 mm bestimmt. Das Profil der bearbeiteten Oberfläche wurde mit dem kleinen Rauhtiefenprofilschreiber IZP-17 (System von Ing. B.M. Levin) photographiert. Als Bearbeitungsmaterial wurde Grauguß ($H_B=195-215 \text{ kg/mm}^2$) mit der chemischen Zusammensetzung: 2,9 % C; 1,5 % Si; 0,93 % Mn; 0,182 % S und 0,24 % P gewählt.

Einfluß der Schnittgeschwindigkeit. Die Versuche, den Einfluß der Schnittgeschwindigkeit auf die Durchmesseränderung der Löcher δ , die Oberflächengüte, Konizität, Unrundheit und den mittleren Rauhtiefenwert der bearbeiteten Oberfläche R_m zu bestimmen, wurden bei $v=6,8-126,1 \text{ m/min}$,

$s=0,43$ mm/U, $a=2,0$ mm, $\varphi=60^\circ$, $\varphi_0=30^\circ$, $\gamma=5^\circ$, $\alpha=8^\circ$, $r=6$ mm, $k_0=0,10$ mm durchgeführt (Abb. 1, a). Daraus ist ersichtlich, daß die Durchmesseränderung der Löcher sowohl negativ als auch positiv ist. Der Maximalwert der negativen Durchmesseränderung wird bei $v=6,8$ m/min beobachtet. Wenn die Schnittgeschwindigkeit von 19,6 auf 110,5 m/min gesteigert wird, dann steigt die positive Durchmesseränderung kontinuierlich an und vergrößert sich von 0,012-0,014 auf 0,046-0,048 mm. Die Durchmesseränderung der Löcher ist bei $v=126,1$ m/min geringer als bei $v=110,5$ m/min; sie beträgt 0,040-0,042 mm.

Die Konizität und Unrundheit der Löcher nehmen in dem Maße zu, wie die Schnittgeschwindigkeit gesteigert wird (siehe Abb. 1, a).

Auf die Güte der bearbeiteten Oberfläche wirkt sich die Schnittgeschwindigkeit folgendermaßen aus: Eine Steigerung der Schnittgeschwindigkeit auf 19,6 m/min bewirkt eine Zunahme des mittleren Rauhtiefenwertes; eine weitere Steigerung der Schnittgeschwindigkeit auf 126,1 m/min verringert den mittleren Rauhtiefenwert. Das Arbeiten in einem Schnittgeschwindigkeitsbereich von 19,6-126,1 m/min gewährleistet, daß wir die 4.-5. Güteklasse für die bearbeitete Oberfläche und die 3.-4. Genauigkeitsklasse für die Löcher erhalten. Die Verringerung der Oberflächengütenklasse, wie sie im Schnittgeschwindigkeitsintervall von 6,8-19,6 m/min beobachtet werden konnte, erklärt sich dadurch, daß Gußstaub und Kleinstteile von den Spänen in den Schneidkanten des Werkzeugs haften bleiben, wobei ein weitaus intensiveres Haften bei $v=19,6$ m/min auf zylindrischen Fasen an der Stelle festgestellt wurde, wo sie in den Schnittkegel übergehen.

Die Abhängigkeit der Durchmesseränderung der Löcher und des mittleren Rauhtiefenwertes von der Schnittgeschwindigkeit ($19,6 < v \leq 126$ m/min) wird durch die Formeln ausgedrückt:

$$\delta = \text{const } v^{2,56}; \quad (1)$$

$$R_m = \frac{\text{const}}{v^{0,467}} \quad (2)$$

Der Einfluß des Vorschubs. Die Experimente zur Bestimmung des Vorschubeinflusses auf die Genauigkeit und Güte der bearbeiteten Oberfläche wurden bei $s=0,11-1,6$ mm/U, $v=75,36$ m/min

und $a=2,0$ mm durchgeführt. Es hat sich gezeigt: wenn der Vorschub größer wird, dann nimmt die Durchmesseränderung der Löcher zu, wobei letztere sowohl positiv als auch negativ sein kann (Abb. 1, b).

So liefert ein Arbeiten in einem Bereich von geringen Vorschüben und Schnittgeschwindigkeiten eine negative Durchmesseränderung der Löcher; wenn jedoch mit $s \approx 0,32$ mm/U begonnen wird, dann wird die Durchmesseränderung der Löcher positiv. Der minimale Durchmesseränderungswert wurde bei einem Vorschub von $0,32$ mm/U beobachtet.

Zeichnung 1, b zeigt auch die Ergebnisse der Konizitäts-, Unrundheits- und mittleren Rauhtiefenmessungen der Löcher in Abhängigkeit vom Vorschub; wie aus den Kurven ersichtlich ist, nehmen eben diese Werte zu, wenn der Vorschub größer wird.

Die Abhängigkeit der Durchmesseränderung der Löcher und des mittleren Rauhtiefenwertes vom Vorschub wird durch die Formeln ausgedrückt:

bei $s=0,11-0,32$ mm/U

$$\delta = \frac{\text{const}}{s^{1,1}} ; \quad (3)$$

bei $s=0,32-1,6$ mm/U

$$\delta = \text{const}^{1,3} ; \quad (4)$$

bei $s=0,11-1,6$ mm/U

$$R_m = \text{const}^{0,50} . \quad (5)$$

Der Einfluß der Schnitttiefe. Um zu untersuchen, welchen Einfluß die Schnitttiefe auf die Durchmesseränderung der Löcher hat, wurden drei Versuchsreihen durchgeführt bei: den Schnittgeschwindigkeiten $50,24$; $75,36$ und $110,5$ m/min, $s=0,43$ mm/U und $a=0,5-4,0$ mm.

Aus Abb. 2 folgt, daß bei $a=0,5$; $1,0$ und $1,25$ mm die Durchmesseränderung der Löcher negativ war, bei $a=2,0$; (49) $2,25$; $3,0$ und $4,0$ mm aber positiv. Die minimale Durchmesseränderung bei allen untersuchten Schnittgeschwindigkeiten wurde bei einer Schnitttiefe von $1,25$ mm erzielt. Ein weiteres (von diesem Wert abweichendes) Vergrößern oder Verringern der Schnitttiefe ließ die Durchmesseränderung der Löcher ansteigen.

Es wurde außerdem festgestellt, daß die Intensität, mit der die Schnitttiefe auf die Durchmesseränderung der Löcher

einwirkt, zunimmt, wenn die Schnittgeschwindigkeit gesteigert wird. Die Abhängigkeit der Durchmesseränderung der Löcher von der Schnitttiefe drückt sich in Formeln aus, wie sie in der Tabelle angeführt sind.

(Tabelle, siehe Anhang)

Der Einfluß der Schnitttiefe auf die Oberflächengüte wurde bei $v=75,36$ m/min untersucht; die Messungen zeigten, daß sich die Güte der bearbeiteten Oberfläche verschlechtert, wenn die Schnitttiefe zunimmt.

Die Abhängigkeit R_m von der Schnitttiefe drückt sich in der Formel

$$R_m = \text{const } a^{0,266} \quad \text{aus.} \quad (6)$$

Der Einfluß der Gußeisenhärte. Die Versuche zur Bestimmung des Einflusses, den die Härte des Gußeisens auf die Genauigkeit der Löcher und die Oberflächengüte hat, wurden bei $v=75,36$ m/min, $s=0,43$ mm/U und $a=2,0$ mm durchgeführt. Die Härte des Gußeisens wurde in einem Bereich von 140 bis 241 H_B verändert.

Aus den Versuchsdaten wurden die einzelnen Abhängigkeiten der Durchmesseränderung der Löcher und des mittleren Rauhtiefenwertes von der Gußeisenhärte abgeleitet:

$$\delta = \text{const } H_B^{2,3}; \quad (7)$$

$$R_m = \frac{\text{const}}{H_B^{0,27}} \quad (8)$$

Aus diesen Formeln ist ersichtlich, daß die Gußeisenhärte wesentlichen Einfluß auf die Durchmesseränderung der Löcher hat und sich nur gering auf die Oberflächengüte auswirkt.

Der Einfluß der Anzahl der Schneidkeile am Senker z. Wenn man die Anzahl der Zähne des Senkers von 2 auf 8 verändert, nimmt die Durchmesseränderung der Löcher ab und die Oberflächengüte zu. Die bei $v=75,36$ m/min, $s=0,43$ mm/U und $a=2$ mm durchgeführten Versuche lieferten uns Formeln, die die Abhängigkeit der Durchmesseränderung der Löcher und des mittleren Rauhtiefenwertes von der Anzahl der Schneidkeile bezeichnen

$$\delta = \frac{\text{const}}{z^{0,15}}, \quad (9)$$

$$R_m = \frac{\text{const}}{z^{0,32}} \quad (10)$$

Aus den durchgeführten Versuchen kann man folgende Schlüsse ziehen.

1. Wenn man Gußeisen mit VK8-Hartmetall bestückten Senkern bearbeitet, beobachtet man eine positive und negative Durchmesseränderung der Löcher. Die negative Durchmesseränderung erhielt man bei geringen Schnittgeschwindigkeiten, Vorschüben und Schnitttiefen ($v < 19,6$ m/min; $s < 0,32$ mm/U und $a < 2,0$ mm). Wenn die Schnittgeschwindigkeit in einem Bereich von 19,6 bis 126,1 m/min, der Vorschub in einem Bereich von 0,32 bis 1,6 mm/U und die Schnitttiefe von 1,25 auf 4,0 mm erhöht wird, dann nimmt die Bearbeitungsgenauigkeit ab. Wenn die Schnitttiefe und der Vorschub erhöht werden, dann nehmen Konizität und Unrundheit der Löcher zu. Wenn die Schnitttiefe in einem Bereich von 0,5 bis 4,0 mm vergrößert wird, dann hat dies praktisch keinen Einfluß auf die Veränderung der Konizität und Unrundheit der Löcher.

2. Die Härte des Gußeisens ist einer der wichtigsten Faktoren für die Bearbeitungsgenauigkeit. Wenn die Gußeisenhärte zunimmt, dann nimmt die Bearbeitungsgenauigkeit der Löcher ab. Wenn die Anzahl der Schneidkeile am Senker in einem Bereich von 2 bis 8 zunimmt, dann erhöht sich die Genauigkeit der Löcher. Die Güte der bearbeiteten Oberfläche wird besser, wenn die Schnittgeschwindigkeit von 19,6 auf 126,1 m/min erhöht wird, die Gußeisenhärte in einem Bereich von 140 bis 241 kg/mm² zunimmt und die Anzahl der Schneidkeile von 2 auf 8 erhöht wird. Wenn der Vorschub und die Schnitttiefe größer werden, dann wird die Güte der bearbeiteten Oberfläche schlechter.

Außer den beschriebenen Versuchen wurde auch untersucht, welchen Einfluß die geometrischen Kennwerte des Senkers auf die Genauigkeit der Löcher und die Güte der bearbeiteten Oberfläche haben. Die Experimente wurden bei konstanten Zerspanungsbedingungen durchgeführt: $v=110,5$ m/min, $s=0,43$ mm/U und $a=2,0$ mm. Aus den durchgeführten Untersuchungen konnten folgende Schlüsse gezogen werden.

1. Wenn man den Spanwinkel γ in einem Bereich von -15 bis $+5^\circ$ verändert, dann nimmt die Durchmesseränderung der Löcher ab und hat einen ganz geringen Einfluß auf die Verbesserung der Oberflächengüte. Wenn die Verjüngung in einem Bereich von 0,03 bis 0,10 mm größer wird, dann nimmt die Genauigkeit der Löcher zu und verbessert sich die Oberflächengüte; eine wei-

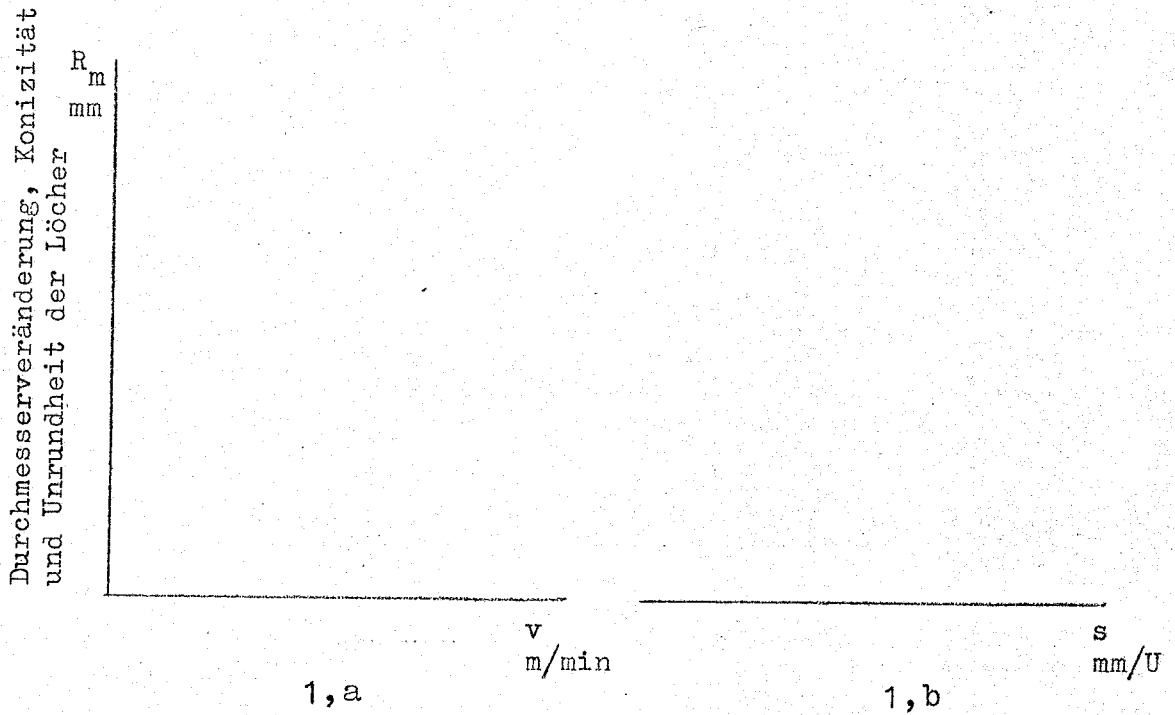
tere Vergrößerung der Verjüngung auf 0,20 mm verringert jedoch die Genauigkeit der Löcher und verschlechtert die Bearbeitungsgüte.

2. Wenn der Eckenradius r an der Verbindungsstelle von zylindrischer Fase und Schnittkegel ("kleiner Radius") in einem Bereich von 0 bis 6-8 mm vergrößert wird, dann fördert dies die Güte der bearbeiteten Oberfläche und verringert die Durchmesseränderung der Löcher. Wenn der Einstellwinkel φ in einem Bereich von 60 bis 30° und die Breite der zylindrischen Fase f in einem Bereich von 1,2 bis 0,4 mm verringert wird, dann nimmt die Genauigkeit der Löcher zu und erhöht sich die Oberflächengüte.

Um die notwendige Genauigkeit, Oberflächengüte und Standzeit des Werkzeugs beim Schnellsenken von Grauguß zu erzielen, empfehlen sich folgende optimale Versuchswerte für die Senkergeometrie: $\gamma = 5^\circ$, $k_0 = 0,10$ mm, $r = 6-8$ mm, $\varphi = 45^\circ$, $f = 0,4$ mm; nach anderen Literaturangaben können auch folgende Werte für optimal gelten: $\alpha = 8-10^\circ$, $\varphi_0 = 30^\circ$.

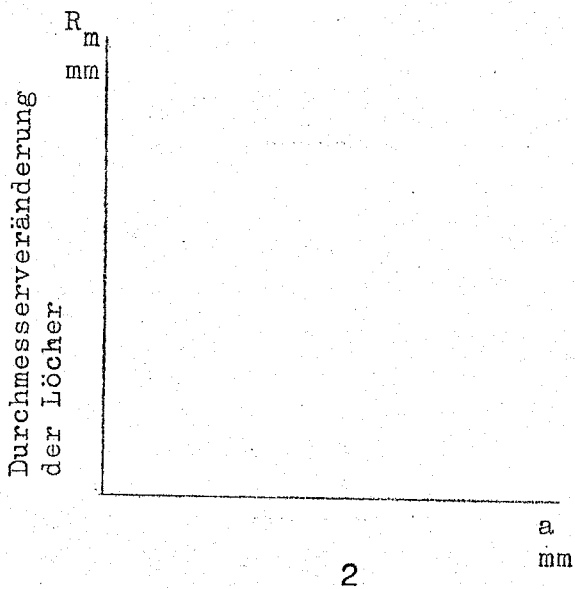
A b b i l d u n g e n

Abbildung 1.



1 - Durchmesseränderung der Löcher, 2 - Konizität der Löcher, 3 - Unrundheit der Löcher, 4 - R_m .

Abbildung 2.



1 - $v=50,24$ m/min, 2 - $v=75,36$ m/min, 3 - $v=110,5$ m/min,
4 - R_m .

T a b e l l e

v in m/min	Abhängigkeit $\delta = f(a)$	
	bei $a < 1,25$ mm	bei $a > 1,25$ mm
50,24	$\delta = \frac{\text{const}}{a^{0,82}}$	$\delta = \text{const } a^{2,4}$
75,36	$\delta = \frac{\text{const}}{a^{0,93}}$	$\delta = \text{const } a^{2,8}$
110,50	$\delta = \frac{\text{const}}{a^{1,2}}$	$\delta = \text{const } a^{3,2}$

Anmerkungen des Übersetzers:

1. Abbildungen im Original wurden nicht in die Übersetzung übernommen. Die Texte der Abbildungen sind an den Übersetzungstext angehängt.
2. Bezeichnungen innerhalb der Abbildungen sind mit Nummern versehen worden.

Stuttgart, den 19. Februar 1975

i.A. *Ottmar Pertschi*

(Ottmar Pertschi)
Dipl. Übersetzer

Точность и чистота обработки серого чугуна при скоростном зенкеро­вании

Инж. В. Ф. АФАНАСЬЕВ

В настоящей статье излагаются результаты исследования точности и чистоты обработки серого чугуна при скоростном зенкеро­вании.

Резание чугуна производилось (без охлаждения) зенкерами диаметром 32 мм с напаянными пластинками твердого сплава ВК8 на вертикально-сверлильном станке модели 2А135. Точность отверстий определялась нутромером с ценой деления 0,001 мм, а диаметр зенкера — индикаторным микрометром с ценой деления 0,002 мм. Профиль микронеровностей обработанной поверхности фотографировался на пленку малогабаритным профилографом ИЗП-17 (системы инж. Б. М. Левина). В качестве обрабатываемого материала был выбран серый чугун ($H_B = 195 \pm 215 \text{ кг/мм}^2$) химического состава: 2,9% С; 1,5% Si; 0,93% Mn; 0,182% S и 0,24% P.

Влияние скорости резания. Опыты по определению влияния скорости резания на разбивку отверстий δ , чистоту, конусность, овальность и среднюю высоту микронеровностей обработанной поверхности $H_{ср}$ производились при $v = 6,8 \div 126,1 \text{ м/мин}$, $s = 0,43 \text{ мм/об}$, $t = 2,0 \text{ мм}$, $\varphi = 60^\circ$, $\varphi_0 = 30^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $r = 6 \text{ мм}$, $k_0 = 0,10 \text{ мм}$ (рис. 1, а). Из этих опытов видно, что разбивка отверстий была отрицательной и положительной. Максимальная величина отрицательной разбивки 0,012—0,014 мм наблюдается

при скорости резания до 126,1 м/мин снижает среднюю высоту микронеровностей. Работа в диапазоне скоростей резания 19,6—126,1 м/мин обеспечивает получение 4—5-го классов чистоты обработанной поверхности и 3—4-го классов точности отверстий. Снижение класса чистоты поверхности, наблюдаемое в интервале скоростей резания 6,8—19,6 м/мин, объясняется налипанием чугунной пыли и мельчайших частичек стружки на режущие грани инструмента, причем наиболее интенсивное налипание зафиксировано при $v = 19,6 \text{ м/мин}$ на цилиндрических ленточках в местах перехода их в заборный конус.

Зависимость разбивки отверстий и средней высоты микронеровностей от скорости резания ($19,6 < v \leq 126 \text{ м/мин}$) выражается формулами:

$$\delta = \text{const } v^{2,56}; \quad (1)$$

$$H_{ср} = \frac{\text{const}}{v^{0,467}}. \quad (2)$$

Влияние подачи. Эксперименты по определению влияния подачи на точность и чистоту обработанной поверхности производились при $s = 0,11 \div 1,6 \text{ мм/об}$, $v = 75,36 \text{ м/мин}$ и $t = 2,0 \text{ мм}$. Опыты показали, что с увеличением подачи разбивка отверстий возрастает, причем последняя может быть положительной и отрицательной (рис. 1, б).

Таким образом, работа в зоне малых подач и малых скоростей резания дает отрицательную разбивку отверстий; начиная же с $s \approx 0,32 \text{ мм/об}$, разбивка отверстий становится положительной. Минимальная величина разбивки наблюдалась при работе с подачей 0,32 мм/об.

На рис. 1, б приведены также результаты замеров конусности, овальности и средней высоты микронеровностей отверстий в зависимости от величины подачи; как видно из кривых, с увеличением подачи указанные характеристики возрастают.

Зависимость разбивки отверстий и средней высоты микронеровностей от подачи выражается формулами:

$$\text{при } s = 0,11 \div 0,32 \text{ мм/об} \\ \delta = \frac{\text{const}}{s^{1,1}}; \quad (3)$$

$$\text{при } s = 0,32 \div 1,6 \text{ мм/об} \\ \delta = \text{const } s^{1,3}; \quad (4)$$

$$\text{при } s = 0,11 \div 1,6 \text{ мм/об} \\ H_{ср} = \text{const } s^{0,50}. \quad (5)$$

Влияние глубины резания. Для изучения влияния глубины резания на разбивку отверстий было проведено три серии опытов при скоростях резания: 50,24; 75,36 и 110,5 м/мин, $s = 0,43 \text{ мм/об}$ и $t = 0,5 \div 4,0 \text{ мм}$. Из рис. 2 следует, что при $t = 0,5; 1,0$ и $1,25 \text{ мм}$ разбивка отверстий отрицательная, а при $t = 2,0$,

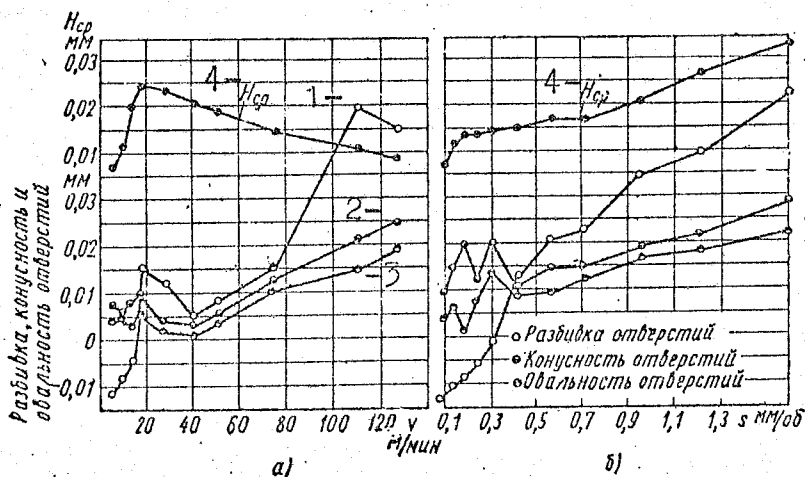


Рис. 1.

при $v = 6,8 \text{ м/мин}$. С увеличением скорости резания от 19,6 до 110,5 м/мин положительная разбивка непрерывно растет, увеличиваясь от 0,012—0,014 до 0,046—0,048 мм. Разбивка отверстий при $v = 126,1 \text{ м/мин}$ меньше, чем при $v = 110,5 \text{ м/мин}$, и составляет 0,040—0,042 мм.

Конусность и овальность отверстий возрастают по мере увеличения скорости резания (см. рис. 1, а).

На чистоту обработанной поверхности скорость резания влияет следующим образом. Увеличение скорости резания до 19,6 м/мин вызывает увеличение средней высоты микронеровностей; дальнейшее увеличение

2,25; 3,0 и 4,0 мм — положительная. Минимальная разбивка при всех исследуемых скоростях резания получалась при глубине резания 1,25 мм. Дальней-

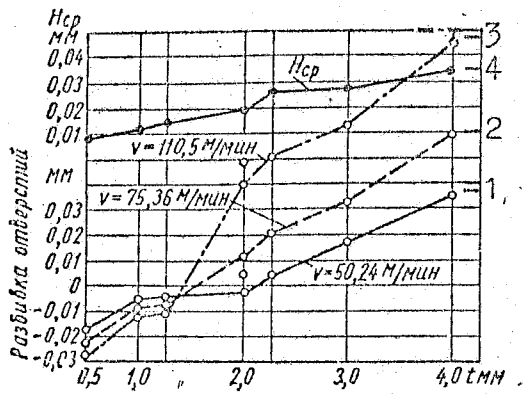


Рис. 2.

шее увеличение и уменьшение глубины резания (от этой величины) приводило к увеличению разбивки отверстий.

Было также установлено, что при увеличении скорости резания интенсивность влияния глубины резания на разбивку отверстий возрастает. Зависимость разбивки отверстий от глубины резания выражается формулами, приведенными в таблице.

v в м/мин	Зависимость $\delta = f(t)$	
	при $t < 1,25$ мм	при $t > 1,25$ мм
50,24	$\delta = \frac{\text{const}}{t^{0,82}}$	$\delta = \text{const } t^{2,4}$
75,36	$\delta = \frac{\text{const}}{t^{0,93}}$	$\delta = \text{const } t^{2,8}$
110,50	$\delta = \frac{\text{const}}{t^{1,2}}$	$\delta = \text{const } t^{3,2}$

Влияние глубины резания на чистоту поверхности изучалось при $v = 75,36$ м/мин; в результате замечено было установлено, что с увеличением глубины резания чистота обработанной поверхности ухудшается.

Зависимость H_{cp} от глубины резания выражается формулой

$$H_{cp} = \text{const } t^{0,266} \quad (6)$$

Влияние твердости чугуна. Опыты по определению влияния твердости чугуна на точность отверстий и чистоту поверхности проводились при $v = 75,36$ м/мин, $s = 0,43$ мм/об и $t = 2,0$ мм. Твердость чугуна изменялась в пределах от 140 до 241 НВ.

На основании опытных данных выведены частные зависимости разбивки отверстий и средней высоты микронеровностей от твердости чугуна

$$\delta = \text{const } H_B^{2,3}; \quad (7)$$

$$H_{cp} = \frac{\text{const}}{H_B^{0,27}} \quad (8)$$

Из этих формул видно, что твердость чугуна оказывает значительное влияние на разбивку отверстий и мало влияет на чистоту поверхности.

Влияние числа зубьев z зенкера. Изменение числа зубьев зенкера от 2 до 8 уменьшает разбивку отверстий и улучшает чистоту поверхности. Опыты, проведенные при $v = 75,36$ м/мин, $s = 0,43$ мм/об и $t = 2$ мм, позволили получить формулы, характеризующие зависимость разбивки отверстий и средней высоты микронеровностей от числа зубьев зенкера

$$\delta = \frac{\text{const}}{z^{0,15}} \quad (9)$$

$$H_{cp} = \frac{\text{const}}{z^{0,32}} \quad (10)$$

На основании проведенных опытов можно сделать следующие выводы.

1. При обработке чугуна зенкерами, оснащенными твердым сплавом ВК8, наблюдалась положительная и отрицательная разбивка отверстий. Отрицательная разбивка получалась при работе с малыми скоростями, подачами и глубинами резания ($v < 19,6$ м/мин; $s < 0,32$ мм/об и $t < 2,0$ мм). Увеличение скорости резания в пределах от 19,6 до 126,1 м/мин, подачи от 0,32 до 1,6 мм/об и глубины резания от 1,25 до 4,0 мм понижает точность обработки. С увеличением скорости резания и подачи конусность и овальность отверстий возрастают. Увеличение глубины резания в пределах от 0,5 до 4,0 мм практически не оказывает влияния на изменение конусности и овальности отверстий.

2. Твердость чугуна является одним из основных факторов, действующих на точность обработки. С повышением твердости чугуна снижается точность обработки отверстий. Увеличение числа зубьев зенкера в пределах от 2 до 8 повышает точность отверстий. Чистота обработанной поверхности улучшается при увеличении скорости резания от 19,6 до 126,1 м/мин, повышении твердости чугуна в пределах от 140 до 241 кг/мм² и увеличении числа зубьев зенкера от 2 до 8. С увеличением подачи и глубины резания чистота обработанной поверхности ухудшается.

Кроме описанных опытов, было исследовано влияние геометрических параметров зенкера на точность отверстий и чистоту обработанной поверхности. Эксперименты проводились при постоянном режиме резания: $v = 110,5$ м/мин, $s = 0,43$ мм/об и $t = 2,0$ мм. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Изменение переднего угла γ в пределах от -15 до $+5^\circ$ уменьшает разбивку отверстий и весьма мало влияет на улучшение чистоты поверхности. Увеличение обратной конусности κ_0 в пределах от 0,03 до 0,10 мм повышает точность отверстий и улучшает чистоту поверхности; дальнейшее же увеличение обратной конусности до 0,20 мм понижает точность отверстий и ухудшает чистоту обработки.

2. Увеличение радиуса закругления r места сопряжения цилиндрической ленточки с заборным конусом („уголка“) в пределах от 0 до 6—8 мм способствует повышению чистоты обработанной поверхности и уменьшает разбивку отверстий. Уменьшение угла в плане φ в пределах от 60 до 30° и ширины цилиндрической ленточки f в пределах от 1,2 до 0,4 мм повышает точность отверстий и улучшает чистоту поверхности.

Для получения необходимой точности, чистоты обработки и стойкости инструмента при скоростном зенкерованием серого чугуна рекомендуют следующие оптимальные величины параметров геометрии зенкера: $\gamma = 5^\circ$, $\kappa_0 = 0,10$ мм, $r = 6 \div 8$ мм, $\varphi = 45^\circ$, $f = 0,4$ мм; по литературным данным оптимальными следует считать: $\alpha = 8 \div 10^\circ$; $\varphi_0 = 30^\circ$.