

Er. 6.7

TALLINNA POLÜTEHNILISE
INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

СЕРИЯ А

№ 216

СБОРНИК СТАТЕЙ
ПО
МАШИНОСТРОЕНИЮ
II

ТАЛЛИН 1964

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
СЕРИЯ А № 216 1964

УДК 621,941

СБОРНИК СТАТЕЙ
ПО
МАШИНОСТРОЕНИЮ
II

ТАЛЛИН 1964

ВНИМАНИЕ! ВНИМАНИЕ! ВНИМАНИЕ!
ВНИМАНИЕ! ВНИМАНИЕ! ВНИМАНИЕ!
ВНИМАНИЕ! ВНИМАНИЕ! ВНИМАНИЕ!
ВНИМАНИЕ! ВНИМАНИЕ! ВНИМАНИЕ!

ВНИМАНИЕ!
ВНИМАНИЕ!
ВНИМАНИЕ!
ВНИМАНИЕ!



Ep. 6152

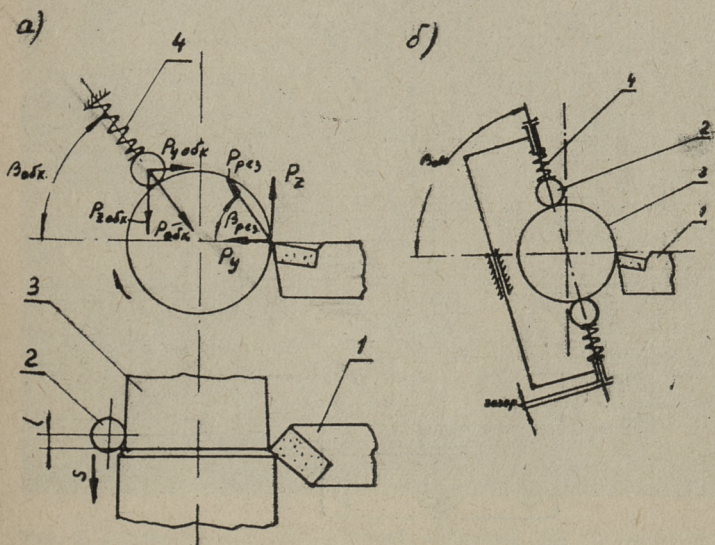
1951

А. А. Вялло

ВИБРАЦИИ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ ТОЧЕНИИ И ОБКАТЫВАНИИ

Чистовая обработка давлением методом обкатывания шарами или роликами широко применяется в металлообрабатывающей промышленности. В большинстве случаев обкатывание выделяется в самостоятельную операцию. Однако исследования и пока еще небольшой промышленный опыт показали, что во многих случаях эту операцию можно совместить с операцией предварительной обработки [1].

Одновременной обработкой точением и обкатыванием достигается непрерывность выполнения черновой и чистовой операций, сокращение цикла обработки и повышение производительности. Чистота поверхности при одновременной обработке так же, как и при раздельном обкатывании, достигается



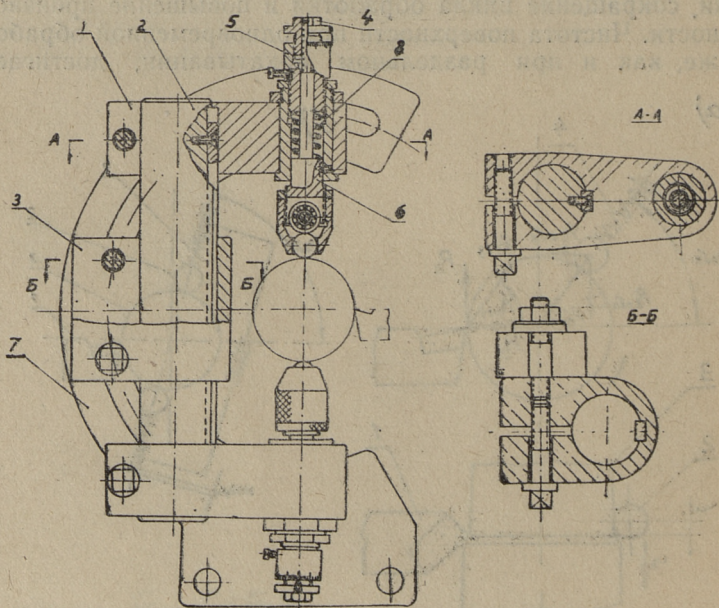
Фиг. 1. Схемы одновременного точения и обкатывания:
 а) одним шаром; б) двумя шарами

$\nabla 8 \div \nabla 10$, при этом точность формы и размеров повышается в среднем на один класс по сравнению с раздельным точением и обкатыванием.

Эффективность одновременного точения и обкатывания в значительной степени зависит от выбора схемы обработки и конструкции обкатывающего устройства.

Нами исследованы две схемы одновременного точения и обкатывания (фиг. 1). По схеме 1а с противоположной стороны резца 1 расположен обкатывающий шар 2, поджимаемый к заготовке 3 пружиной 4. Шар, следуя за резцом, сглаживает микронеровности поверхности, образующиеся при точении. По схеме 1б за резцом 1 следует два шара 2, поджимаемые к обрабатываемой детали 3 пружинами 4.

Исследования показали, что кроме упомянутых преимуществ процесса одновременного точения и обкатывания, при обработке по схеме 1б значительно повышаются граничные условия возникновения вибраций по сравнению с раздельным точением. Ниже и приводятся основные результаты исследования вибраций при обработке по этой схеме.



Фиг. 2. Обкатывающее устройство для одновременного точения и обкатывания двумя шарами

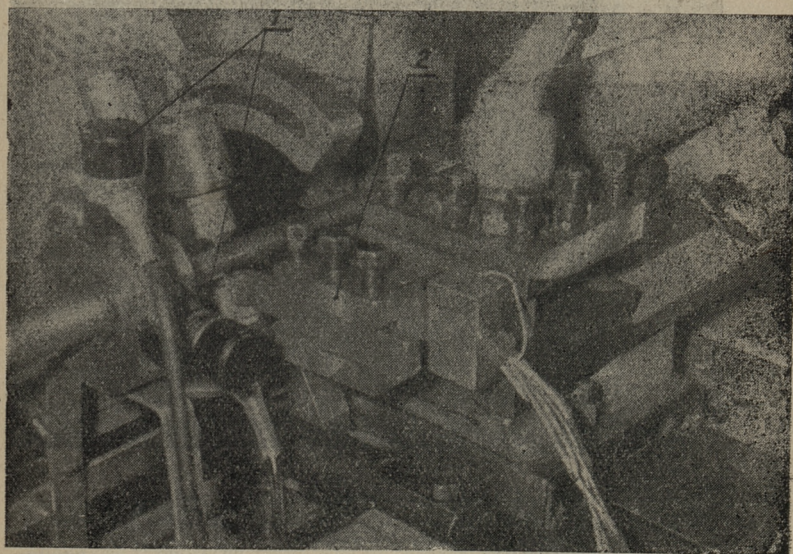
Исследования проводились на токарно-винторезном станке 1А616П на валах диаметром 28 мм, длиной 425 мм из стали 20. Для обработки одновременным точением и обкатыванием было сконструировано специальное обкатывающее устройство, конструкция которого приведена на фиг. 2.

Устройство имеет две обкатывающие головки, закрепляемые при помощи кронштейнов 1 на штоке 2 в положении, соответствующем диаметру обрабатываемой детали. Шток 2 скользит (или зажат) в зажиме 3, т. е. устройство может работать плавающе или жестко.

Гайка 4 имеет внутреннюю и наружную резьбы с разностью в шагах 0,25 мм. Вращением гайки 4 поступательно перемещается барабан 5, который является ограничителем хода вилки 6. Такая конструкция позволяет регулировать с большой точностью расстояние между шарами.

Обкатывающее устройство устанавливается на станок вместо подвижного люнета при помощи стойки 7.

Вибрации обрабатываемого вала измерялись в вертикальной и горизонтальной плоскостях при помощи виброизмерительной аппаратуры АВ—44. Вибродатчики 1 закреплялись на вал, как показано на фиг. 3. Составляющие усилия резания P_y и P_z измерялись двухкомпонентным тензометрическим ди-

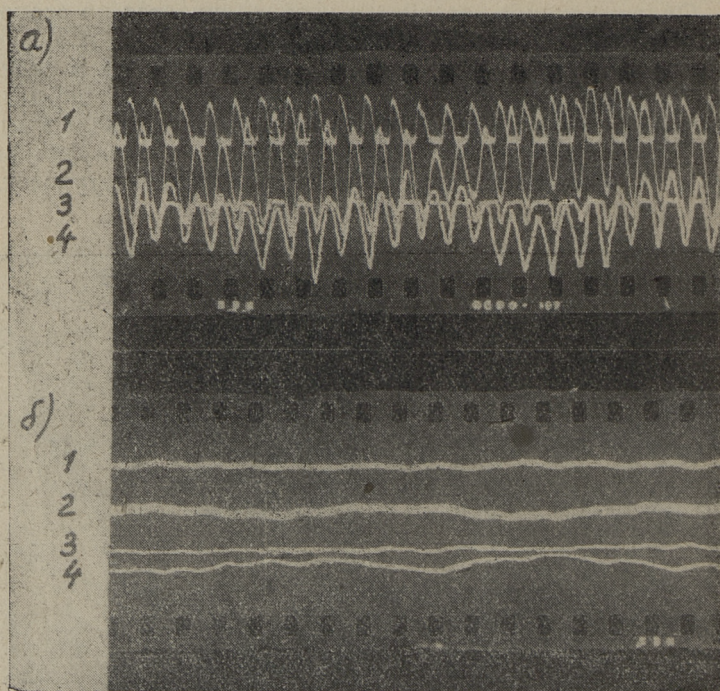


Фиг. 3. Установка для исследования вибраций при одновременном точении и обкатывании

намометром 2. Вибрации вала, а также изменение величины составляющих усилия резания записывались на пленку при помощи шлейфового осциллографа МПО-2. Требуемое усилие обкатывания создавалось тарированной пружиной 8 (фиг. 2). Исследовалось влияние параметров режима обработки на вибрацию вала. Режимы резания выбирались такими, чтобы при раздельном точении возникали сильные вибрации.

Анализ осциллограмм, записанных при раздельном точении, показывает, что частота колебаний вала не меняется от изменения числа оборотов; это позволяет сделать вывод, что возникшие колебания являются автоколебаниями.

При совместном точении и обкатывании с такими же режимами, что и при раздельном точении, интенсивность вибраций снижалась.



Фиг. 4. Осциллограммы вибраций вала:

а) при раздельном точении; б) при одновременном точении и обкатывании.

1 — тангенциальная составляющая силы резания; 2 — вибрации вала в горизонтальной плоскости; 3 — радиальная составляющая силы резания; 4 — вибрации вала в вертикальной плоскости

При разных усилиях обкатывания и углах расположения обкатывающего устройства (фиг. 1). относительно резца, испытывались три способа работы обкатывающего устройства описанной конструкции.

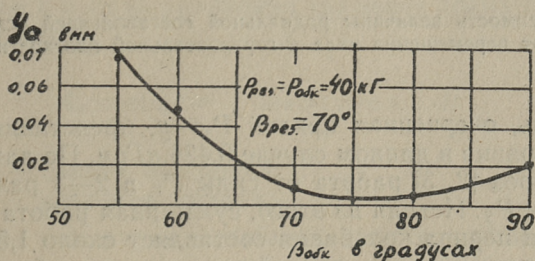
1. Шток 2 перемещался свободно в зажиме 3 (фиг. 2).
2. Между штоком и зажимом создавалась сила трения около 8 кг.
3. Шток был зажат в зажиме.

Различие в эффективности гашения вибраций при обработке по первому и второму способам была незначительной, при третьем же способе вибраций полностью погасить не удалось. Обоснование этому приведено ниже.

На фиг. 4 приведены осциллограммы, иллюстрирующие гашение вибраций при работе по способу, где между штоком и зажимом создавалась сила трения. Режимы обработки: число оборотов $n=900$ об/мин, подача $s=0,13$ мм/об, глубина резания $t=0,7$ мм; диаметр шаров $d_{ш}=12$ мм, усилие обкатывания $P_{обк}=40$ кг, угол расположения обкатывающего устройства $\beta_{обк}=67^\circ$.

При раздельном точении с указанными режимами возникали вибрации с частотой 145 герц с размахом 0,66 мм, при совместном точении и обкатывании — с частотой 115 герц с размахом 0,02 мм. Уменьшение частоты колебания при совместном точении и обкатывании обусловлено увеличением колеблющейся массы.

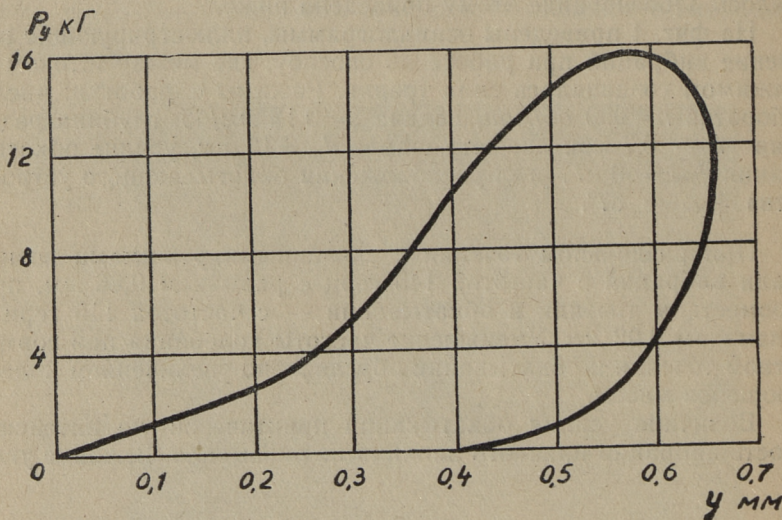
Величина усилия обкатывания практически на интенсивность вибраций никакого влияния не оказывало. Влияние угла



Фиг. 5. Зависимость величины амплитуды колебания вала в горизонтальной плоскости от угла расположения обкатывающего устройства

расположения шаров ($\beta_{\text{обк}}$) на интенсивность вибраций иллюстрируется графиком (фиг. 5). Наиболее интенсивно вибрации гасятся при $\beta_{\text{обк}} = 70-80^\circ$.

Согласно результатам исследований [2, 3, 4] для того, чтобы вибрации гасились, работа возбуждения ($A_{\text{возб}}$) должна быть меньше работы гашения ($A_{\text{гаш}}$). Для определения работы возбуждения по осциллограмме фиг. 4а построена зависимость изменения величины радиальной составляющей усилия резания от перемещения вала в горизонтальной плоскости (фиг. 6).



Фиг. 6. Зависимость величины радиальной составляющей усилия резания от перемещения вала в горизонтальной плоскости

Площадь, очерченная кривой P_y-u , представляет работу силы P_y , и равна в данном случае $0,434 \text{ кгГсм}$. По данным некоторых авторов [2, 3] работа от силы P_z в 2—3 раза больше чем от силы P_y . Исходя из этого, суммарная работа возбуждения за один период колебания составляет около $1,5 \text{ кгГсм}$.

Работа гашения при данной конструкции обкатывающего устройства

$$A_{\text{гаш}} = A_{\text{тр}} + A_{\text{н}}, \quad (1)$$

где $A_{\text{тр}}$ — работа силы трения ($P_{\text{тр}}$) между штоком и зажимом обкатывающего устройства;

$A_{и}$ — работа преодоления силы инерции колеблющейся массы обкатывающего устройства.

$$A_{тр} = 2P_{тр} \cdot a, \quad (2)$$

где a — размах колебания обкатывающего устройства.

$$a = y_0 \cdot \cos \beta_{обк} + z_0 \cdot \sin \beta_{обк}, \quad (3)$$

где y_0 — размах колебания вала в горизонтальной плоскости;

z_0 — размах колебания вала в вертикальной плоскости.

y_0 и z_0 — находим из осциллограммы

$$y_0 = 0,66 \text{ мм},$$

$$z_0 = 0,47 \text{ мм}.$$

Подставляя в формулу (2) численные величины, получим

$$A_{тр} = 2 \cdot 8 (0,066 \cdot \cos 67^\circ + 0,047 \cdot \sin 67^\circ) = 1,1 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

Работа на преодоление инерции за одно колебание

$$A_{и} = \textcircled{m} \cdot \ddot{x} \cdot dx, \quad (4)$$

где $m = 4,28 \text{ кг}$ — масса колеблющейся части обкатывающего устройства;

x — направление колебания обкатывающего устройства.

Установлено [4], что при тчении возникающие колебания близки к синусоидальным, т. е.

$$x = x_0 \cdot \cos \omega t. \quad (5)$$

Выражая \ddot{x} и dx из уравнения (5) через время t , уравнение (4) примет вид

$$A_{и} = m x_0^2 \omega^2 \int_0^T \cos \omega t \cdot \sin \omega t \cdot dt, \quad (6)$$

где T — период колебания;

ω — круговая частота;

$x_0 = \frac{a}{2}$ — амплитуда колебания обкатывающего устройства.

Решение интеграла (6) дает

$$A_{и} = 0.$$

Суммарная работа гашения

$$A_{гаш} = A_{тр} = 1,1 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

Из соотношения работ гашения и возбуждения следует, что наиболее интенсивное гашение вибраций происходит при работе обкатывающего устройства по способу, когда между штоком и зажимом создается сила трения. Это подтвердилось и экспериментами. Чем больше сила трения, тем интенсивнее гасятся вибрации. Верхний предел значения силы трения ограничивается условием

$$P_{\text{тр}} < P_{\text{обк}}.$$

Невыполнение этого условия соответствует способу, когда обкатывающее устройство зажато в зажиме 3 (фиг. 2).

Уменьшение вибраций при работе с зажатым обкатывающим устройством обусловлено повышением жесткости системы СДИ и в некоторой степени поглощением энергии самовозбуждения движущимися частями обкатывающего устройства.

Таким образом результаты исследования позволяют сделать важный вывод: при совместной обработке точением и обкатыванием возможно создание условий резкого снижения вибраций за счет работы обкатывающего устройства как люнета или виброгасителя. Это определяет перспективность применения такого способа для обработки маложестких деталей типа валов, осей и труб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Г. Шнейдер. Чистовая обработка металлов давлением. Машгиз, 1963 г.
2. В. А. Скраган. Жесткость, точность и вибрации при механической обработке. Машгиз, 1956 г.
3. И. С. Амосов. Экспериментальное и теоретическое исследование вибраций при точении. Машгиз, 1951 г.
4. Иржи Тлустый. Автоколебания в металлорежущих станках. Машгиз, 1956 г.

И. В. Мяртсон

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ СО ВЗАИМНО УРАВНОВЕШЕННЫМИ РАДИАЛЬНЫМИ СИЛАМИ

Как известно, основным препятствием повышения производительности при обработке нежестких деталей является то обстоятельство, что при использовании более производительных режимов резания обрабатываемая деталь подвергается значительным усилиям резания, которые вызывают у нее в процессе обработки большие упругие деформации. Последние являются основным источником погрешностей как формы (овальность, бочкообразность и т. д.), так и размеров (диаметр).

Кроме того по указанной причине легко возбуждаются вибрации, не позволяющие осуществить обточку тонких валов с большими скоростями резания и препятствующие получению высокой чистоты поверхности.

В настоящее время для предотвращения прогиба и вибраций нежесткие валы обтачиваются в основном с помощью подвижных и неподвижных люнетов.

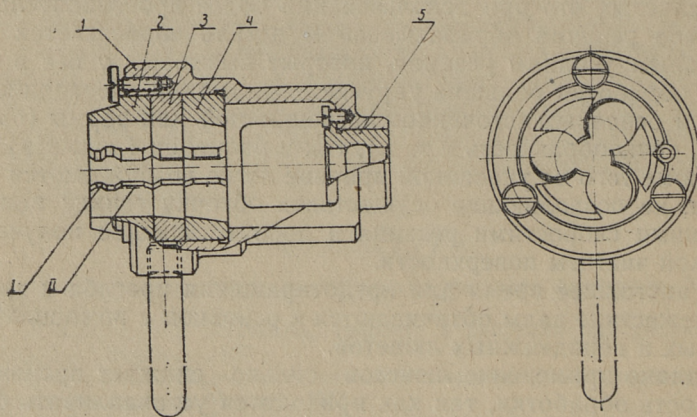
Однако применение люнетов сильно снижает производительность обработки, так как приходится устанавливать базовые муфты, тщательно их выверять, затачивать шейки под люнеты и пр. Кроме того, установка люнетов существенно уменьшает свободу перемещения суппорта и доступ к обрабатываемым поверхностям вала.

Учитывая вышеизложенное была поставлена задача исследования возможностей использования методов токарной обработки, при которых радиальные силы, являющиеся причиной прогиба обрабатываемой детали, были бы взаимно уравновешены. При таких методах деталь обрабатывается одновременно несколькими резцами, находящимися в одной плоскости, перпендикулярной и оси обрабатываемого вала.

С этой целью на кафедре технологии металлов Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина под руководством профессора докт. техн. наук В. Г. Подпоркина был исследован целый ряд различных схем многорезцовой обточки нежестких валов.

В настоящее время известно несколько методов многолезцовой обработки [1, 2]. Характерной особенностью этих методов является то, что реакция сил резания принимается не только противоположными резцами, а также специальными жесткими упорами, которые находятся или в плоскости резцов или близко к этой плоскости. Такие упоры намного усложняют конструкцию резцовых головок, однако сами они в непосредственной обработке не участвуют. Поэтому был проведен ряд исследований для выяснения возможности осуществления многолезцовой обработки без дополнительных упоров.

Частично этим требованиям соответствует способ обработки длинных нежестких валов, предложенный инж. Хохулиным В. Н. на Ленинградском металлическом заводе им. XII съезда КПСС. Сущность этого метода заключается в следующем.



Фиг. 1. Лерочный плавающий блок

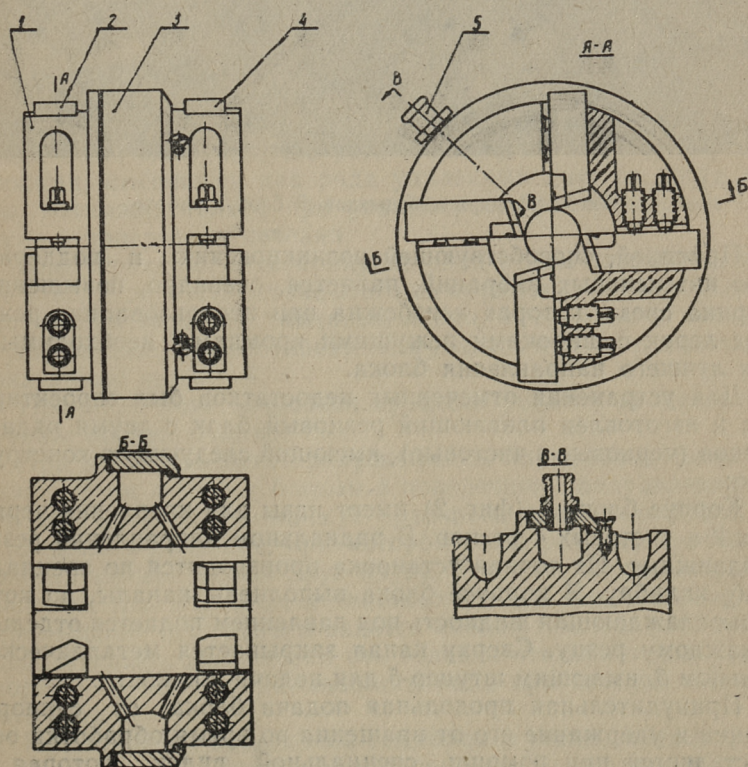
В корпусе 1 (фиг. 1) собрано несколько режущих инструментов в виде лерок. Лезвия I лерки 2 обтачивают вал в размер, необходимый для работы лезвий II. Лезвия II — это резбовая часть лерки, которая нарезает резьбу на обрабатываемом вале и этим обеспечивается осевая подача всего блока. Лерка 3 срезает резьбу, оставляя припуск для чистового обтачивания в окончательный размер, что выполняется леркой 4. От перекоса блок предохраняется направляющей втулкой 5, которая скользит по обработанной поверхности.

Обрабатываемый вал зажимается одним концом в патрон, а второй поддерживается люнетом. При вращении вала блок перемещается по нему с подачей, равной шагу резьбы, и производит обработку вала.

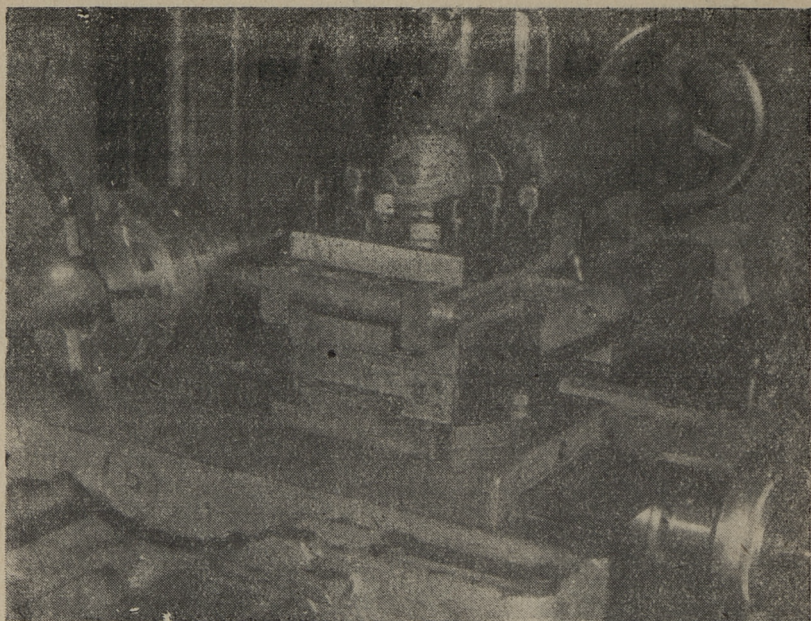
Обработка по такому методу обеспечивает высокую точность и малую шероховатость обработанной поверхности. Однако процесс крайне непроизводителен (скорость резания не выше 1—2 м/мин). Кроме того требуются специальные дорогостоящие режущие инструменты для каждого диаметра вала.

С целью повышения скорости резания при этом методе обработки был испытан ряд различных сочетаний режущих лерок в блоке при различных режимах резания, однако удовлетворительных результатов получить не удалось.

Самая высокая скорость резания (до 10 м/мин) была достигнута блоком с набором из двух лерок (без резьбовой) с принудительной подачей от суппорта станка. Дальнейшее повышение скорости резания оказалось невозможным из-за возникновения интенсивных вибраций релаксационного характера.



Фиг. 2. Двухрядный плавающий режущий блок



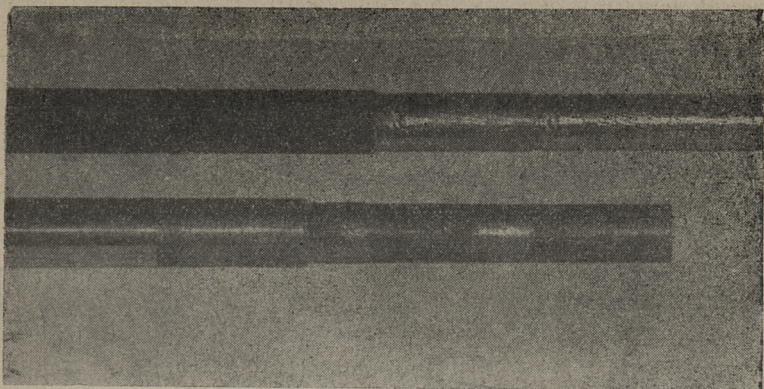
Фиг. 3. Двухрядный резцовый блок в работе

Причиной, способствующей возникновению и поддержанию интенсивных вибраций, является, очевидно, повышенная ширина среза, которая неизбежна при использовании режущих лерок с широкими режущими кромками, необходимыми для лучшего направления блока.

Для устранения отмеченных недостатков был спроектирован и изготовлен плавающий резцовый блок с двумя рядами резцов (черновые и чистовые), имеющий следующую конструкцию:

Корпус блока 1 (фиг. 2) имеет пазы для крепления черновых 2 и чистовых 4 резцов. В радиальном направлении резцы раздвижные. Их точная установка производится по специальному калибру. В корпусе блока выполнены каналы, по которым охлаждающая жидкость под давлением подается отдельно к каждому резцу. Сверху канал закрывается металлическим кольцом 3, имеющим штуцер 5 для подачи жидкости.

Принудительная продольная подача блока от суппорта станка и удержание его от вращения во время обработки осуществляется при помощи специальной вилки, которая не уменьшает свободу перемещения блока в поперечном направлении.



Фиг. 4. Поверхность, обработанная двухрядным блоком

На фиг. 3 показан двухрядный плавающий резцовый блок в работе на станке.

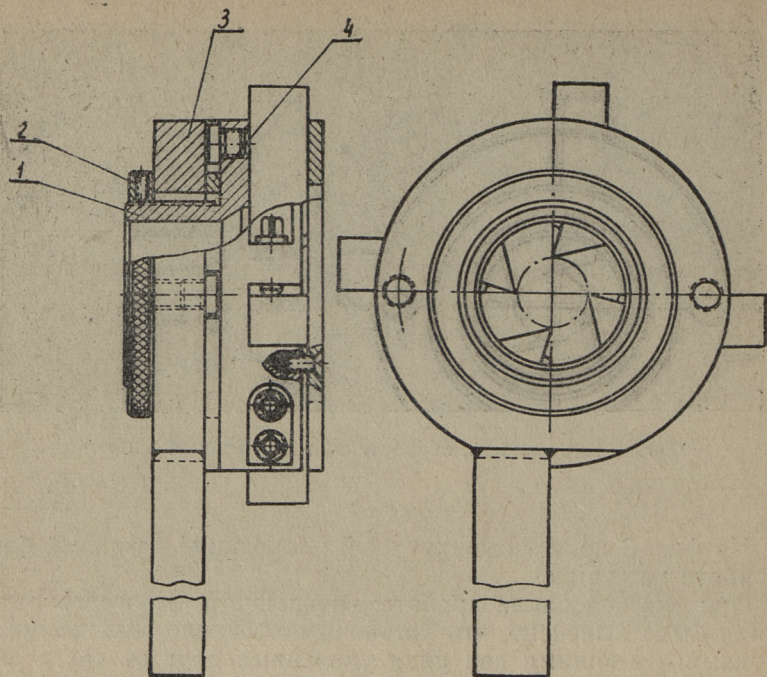
При исследовании работы описанного многорезцового блока было выяснено, что устойчивое резание плавающими блоками, имеющими два ряда удаленных друг от друга резцов, возможно только при равномерном распределении припуска в поперечном сечении.

При неравномерном припуске одни резцы врезаются, другие отводятся и вследствие этого на обработанной поверхности получаются глубокие винтовые линии, т. е. резание является неустойчивым. Обработанная поверхность при этом имеет вид, показанный на фиг. 4.

Причиной неустойчивости процесса резания является следующее обстоятельство:

При неравномерном припуске резцы плавающего блока перемещаются вместе с блоком в поперечном направлении до тех пор, пока они не займут уравновешенное положение, то есть такое положение, при котором силы резания противоположных резцов равны друг другу. Так как неравномерность припуска для черновых и чистовых резцов неодинакова, то и перемещение переднего и заднего концов головки различно и, следовательно, продольная ось головки отклоняется в разные стороны от оси обрабатываемого вала при каждом полуобороте вала.

При повороте продольной оси головки резцы перемещаются не только в поперечном, но и в продольном направлении, так как их вершины удалены от центра головки на величину радиуса обрабатываемой детали.

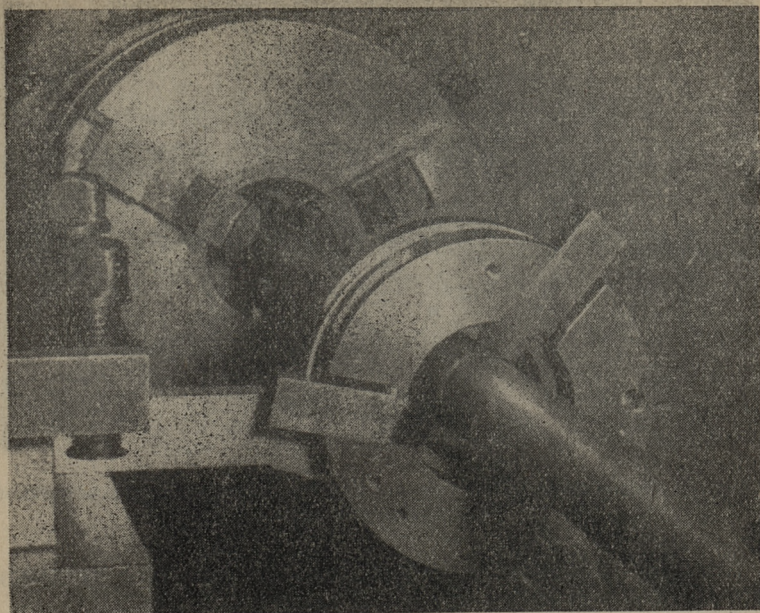


Фиг. 5. Однорядный плавающий резцовый блок

Такое одновременное поперечное и продольное перемещение резцов, зависящее от величины припуска и угла поворота обрабатываемого вала и приводит к образованию винтовых линий на обработанной поверхности.

Ввиду того, что обеспечить равномерный припуск обработки практически невозможно, в дальнейшем была исследована многорезцовая схема с одним рядом резцов. С этой целью был изготовлен плавающий резцовый блок следующей конструкции (фиг. 5).

К державке 3 при помощи крестовины 4 и гайки 2 закреплен корпус 1 так, что он может свободно перемещаться относительно державки в поперечном направлении, но не может вращаться и не имеет зазора в осевом направлении. В корпусе 1 имеются радиальные пазы для крепления резцов 5 (были изготовлены корпуса для трех и для четырех резцов). Державка 3 имеет хвостовик, при помощи которого она крепится к резцедержателю станка, обеспечивая таким образом резцовому блоку движение подачи.



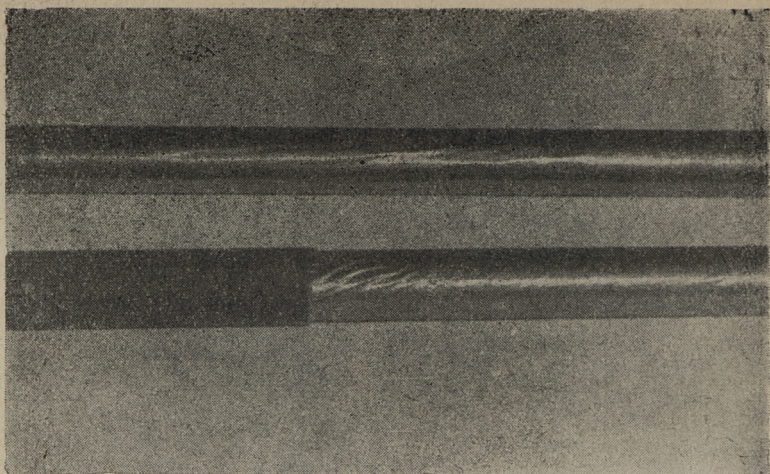
Фиг. 6. Однорядный резцовый блок в работе

В рабочем положении на станке однорядный многорезцовый блок, плавающий только в радиальной плоскости, показан на фиг. 6.

При исследовании работы многорезцового блока описанной конструкции было выяснено, что процесс резания трехрезцовым блоком, плавающий в радиальной плоскости, является статически неустойчивым. Под статической понимается такая неустойчивость, которая не связана с теми динамическими силами, которые вызывают автоколебания при резании металлов.

Практически такая неустойчивость выражается в следующем. Если на обработанной поверхности появляется случайная неровность (от неоднородности материала, от возникших вибраций и т. д.), то при дальнейшей обработке эта неровность воспроизводится, увеличивается и через несколько оборотов обработанный вал получается некруглым — огранным. Причем огранность не исчезает даже при значительном снижении скорости резания.

Примеры огранных поверхностей валов, полученных при обработке трехрезцовым блоком, показаны на фиг. 7.



Фиг. 7. Поверхность вала, обработанная однорядным трехрезцовым плавающим блоком

Причину неустойчивости резания при работе с трехрезцовым блоком можно объяснить следующим.

При случайном увеличении глубины резания у резца 1 (фиг. 8) увеличиваются и составляющие силы резания P_{z1} и P_{y1} на величину ΔP_{z1} и ΔP_{y1} .

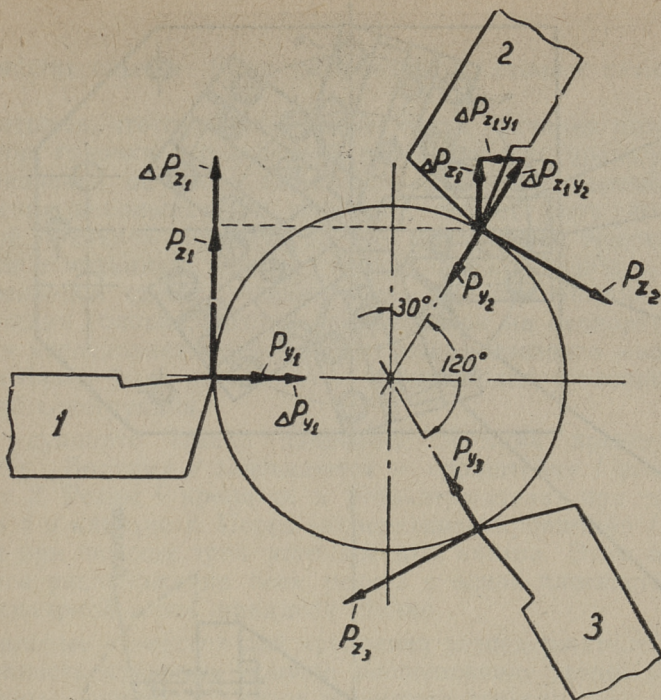
Так как резцовый блок плавающий (что равнозначно абсолютной нежесткости вала), то увеличение силы резания у резца 1 целиком воспринимается резцом 2. Так как резец 2 имеет по отношению к вертикали наклон 30° (резцы расположены равномерно по окружности), то сила ΔP_{z1} , раскладывается на две составляющие: в направлении оси Y резца 2 — ΔP_{z1y} и в направлении оси Y резца 1 — ΔP_{z1y1} .

Если составляющая ΔP_{z1y1} больше, чем сила ΔP_{y1} , то деталь прогибается в сторону резца 1 и глубина резания у этого резца еще более увеличивается. Следовательно, при случайном увеличении глубины резания резец стремится еще больше углубиться в металл или, иными словами, система, выведенная из равновесия, не возвращается уже без внешнего воздействия в исходное положение равновесия. Следовательно, в данном случае образуется неустойчивая система.

Выясним, при каких условиях.

$$\Delta P_{z1y1} > \Delta P_{y1}.$$

Легко показать, что при трехрезцовой схеме обработки



Фиг. 8. Схема обработки с тремя резцами.

неравенство $\Delta P_{z_{y1}} > \Delta P_{y1}$ справедливо, если выдержано условие

$$P_{y1} < 0,58 P_{z1}.$$

Как известно, в теории резания [3] считают в среднем

$$P_y = (0,4 \div 0,5) P_z,$$

следовательно трехрезцовая схема несомненно неустойчивая.

Граничной, в смысле устойчивости в зависимости от количества резцов, является схема с четырьмя резцами. Критерием устойчивости является в этом случае неравенство $P_y > 0$.

Так как в нормальных условиях обработки сила P_y всегда положительная, то при использовании блока с четырьмя резцами может быть достигнут статически устойчивый процесс резания. Однако более спокойным будет процесс при использовании схем с количеством резцов больше четырех.

В наших опытах была использована схема с пятью резцами.

Учитывая, что при однорядной схеме резания свободное плавание головки в поперечной плоскости уже принципиального значения не имеет (жесткость детали в поперечном направлении небольшая), а, наоборот, может быть дополнительной причиной вибраций за счет пониженной жесткости и зазоров в механизме подачи головки, в дальнейшем в качестве основной схемы резания была выбрана многорезцовая однорядная головка, жестко закрепленная на суппорте.

Для исследования работы жесткозакрепленного многорезцового блока была изготовлена лабораторная установка следующей конструкции.

На суппорте станка закреплен жесткий кронштейн 1 (фиг. 9). Болтами 3 зажимаются к кронштейну 1 резцедержатели 2. Резцы 6 крепятся в резцедержателях при помощи винтов 5 и клиньев 4. Перед закреплением кронштейн 1 выверяется при помощи трех установочных винтов. Этим обеспечивается расположение всех резцов в одной плоскости, перпендикулярной к оси шпинделя станка.

Овальные отверстия для крепления резцедержателей дают возможность изменять угловое расположение резцов и устанавливать вершины резцов по высоте относительно линии центров станка. Расположение резцедержателей выверяется специальным установочным приспособлением.

Радиальное расположение резцов (т. е. величина обрабатываемого диаметра) определяется по калибру, устанавливаемому в центрах станка.

Исследование описанной схемы многорезцовой обработки показало, что ее использование для обточки деталей со средней жесткостью ($0,5-1,0 \text{ кг/мм}$; валы с отношением длины к диаметру $l/d < 12$) можно повысить производительность и точность обработки в несколько раз, по сравнению с производительностью и точностью, достигаемой при обыкновенной однорезцовой обработке (более подробно см. [4]).

Для обработки деталей с очень низкой жесткостью (валы с отношением l/d больше $15-20$) можно использовать описанный способ многорезцового обтачивания пока лишь с умеренными скоростями или в сочетании с виброгасителями, так как при более высоких скоростях возникают интенсивные вибрации. Предотвращение или гашение вибрации в этом случае при помощи известных способов (увеличение подачи, уменьшение глубины резания, увеличение скорости резания, изменение геометрии резцов, изменение расположения резцов и т. д.) не представляется возможным.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. Азаров. Высокпроизводительная обработка валов в машиностроении. Машгиз, 1951.
2. Г. С. Беляев, Б. И. Табачников. Технология производства валов. Машгиз, 1961.
3. Г. И. Грановский, П. П. Грудов, В. А. Кривоухов, М. И. Ларин, А. Я. Малкин. Резание металлов. Машгиз, 1954.
4. J. Märtson. Vähejäikade detailide tootlik treimismeetod. Masinaehitus ja aparaadiehitus. Nr. 1, 1965 (trükis).

СОДЕРЖАНИЕ

1. А. А. Вялло. Вибрации при одновременном точении и обкатывании 3
2. И. В. Мяртсон. Исследование токарной обработки со взаимно уравновешенными радиальными силами 11

СБОРНИК СТАТЕЙ
ПО МАШИНОСТРОЕНИЮ II

Таллинский политехнический институт

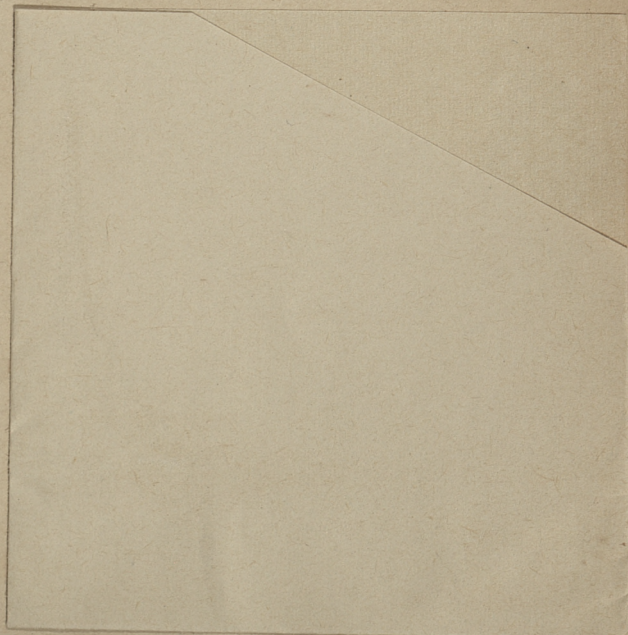
Редактор Х. Аарелайд

Технический редактор Я. Мыттус

Сдано в набор 19 X 1964. Подписано к печати
28 XII 1964. Бумага 60X90 ¹/₁₆. Печатных листов 1,5.
Учетно-издательских листов 1,0. Тираж 600 экз.
МВ-11201. Заказ № 3141.

Типография «Юхисэлу», Таллин, ул. Пикк, 40/42.

Цена 7 коп.



7 коп.

4