

НАКАТКА ОТВЕРСТИЙ ШАРИКОВОЙ ОПРАВКОЙ, КАК МЕТОД ОТДЕЛКИ

В. Д. ВАРЛАКОВ

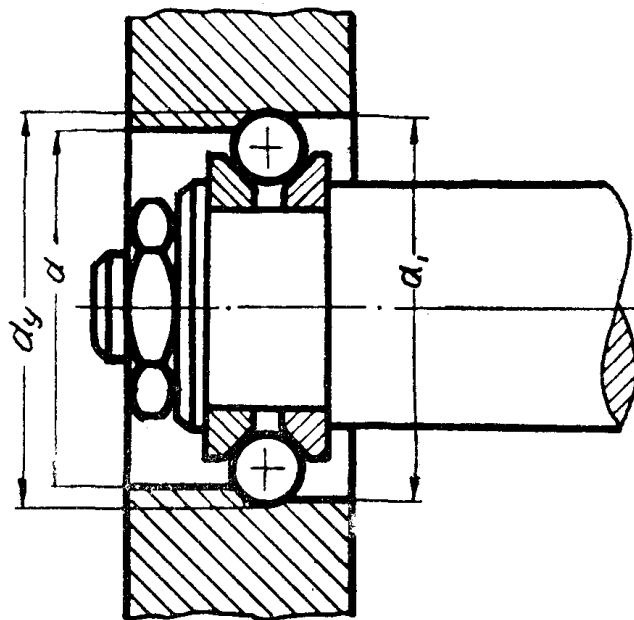
Накатка наружных поверхностей является сравнительно давно известным методом обработки. На железнодорожном транспорте нашей страны этот метод, как метод отделки, получил уже широкое применение для чистовой обработки шеек вагонных и паровозных осей, пальцев кривошипов и других ответственных деталей, испытывающих значительные нагрузки переменного характера и подверженных повышенному износу. Несмотря на довольно значительное распространение накатки как наружных, так и внутренних поверхностей до последнего времени отсутствуют сколько-нибудь удовлетворительные данные, дающие возможность уверенно использовать этот метод для обработки деталей. Данные, необходимые для выбора рациональных режимов обработки, чрезвычайно скудны. Это особенно относится к накатке отверстий. В настоящей статье автор ставит своей целью дать некоторые материалы, пользуясь которыми можно уверенно назначать необходимую предварительную обработку, и дает количественную оценку чистоты и износоустойчивости накатанных поверхностей.

Сущность процессов накатки

В отличие от методов обработки резанием накатка не сопровождается снятием поверхностного слоя с обрабатываемой детали и превращением его в стружку. При накатке поверхностный слой обрабатываемой детали подвергается упругой и пластической деформации. Пластическая деформация вызывает течение металла на поверхности и, благодаря этому, заполнение впадин переместившимися выступами или гребешками. В результате накатки поверхность получается более гладкой, приобретая при известных условиях зеркальный блеск.

Помимо повышения чистоты поверхности при накатке наблюдается некоторое упрочнение поверхностного слоя—наклеп его. Наклеп в сочетании с повышением чистоты дает существенное изменение износоустойчивости деталей в сторону ее повышения. Однако процесс накатки необходимо вести весьма осторожно, так как чрезмерная деформация поверхностного слоя может вызвать его разрушение и, следовательно, вместо положительного эффекта будет получен отрицательный. Начнется так называемое „шелушение“ поверхности. Износ шелушащейся поверхности значительно выше износа ненакатанной поверхности. Помимо упрочнения поверхностного слоя накатка сопровождается и общим упрочнением детали. Значительно повышается ее усталостная прочность. Причина повышения усталостной прочности лежит прежде всего в том, что течение металла обрабатываемой детали сопровождается заполнением впадин на поверхности и, следовательно, ликвидацией очагов концентрации напряжений, вызывающих усталостное разрушение деталей.

Процесс накатки шариковой оправкой может производиться на револьверном, токарном и сверлильном станках. Схема работы шариковой оправки представлена на фиг. 1. Здесь через d обозначен размер отверстия до обработки, d_1 — после обработки и d_y — размер оправки. Как видно из фиг., d_y больше d и d_1 . Это объясняется тем, что поверхность отверстия в процессе



Фиг. 1. Схема накатки отверстий шариковой оправкой

накатки упруго и пластически деформируется. Как следствие процесса накатки получается некоторое увеличение диаметра отверстия. Величина этого изменения зависит от разности диаметров оправки и обрабатываемого материала.

Изменение диаметра отверстия при накатке его шариковой оправкой

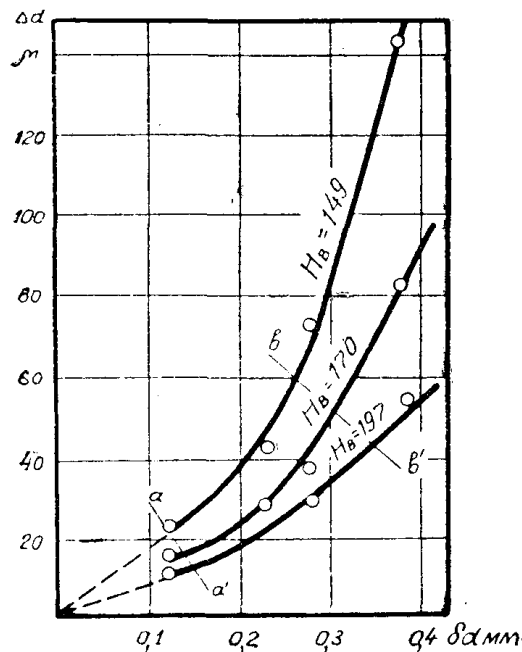
Изменение размеров изделия является чрезвычайно важным фактором, который необходимо знать для налаживания производительного и доброкачественного процесса накатки. Особенно остро этот вопрос встает при необходимости осуществить процесс накатки отверстий. При накатке отверстий, помимо величины изменения диаметра отверстия после обработки, необходимо еще знать размер инструмента, способный дать это изменение. В процессе накатки отверстий деформация поверхностного слоя получается за счет того, что инструмент имеет размеры несколько большие, нежели размеры предварительно обработанного отверстия.

От разности размеров инструмента и отверстия до обработки (δd) в значительной степени зависит величина остаточной деформации или изменение диаметра отверстия в процессе обработки (Δd).

Наши исследования проводились на углеродистых конструкционных сталях твердостью по Бринелю от 134 до 207 единиц. Отверстия перед обработкой и после нее тщательно обмерялись с помощью горизонтального оптиметра. Измерения отверстий до и после накатки производились в одних и тех же сечениях и плоскостях. Из полученных таким образом отсчетов брались средние арифметические. Разность между размерами отверстий до и после накатки давала нам изменение диаметра отверстия в процессе накатки.

Прежде всего мы исследовали влияние разности диаметров оправки и отверстия до обработки на величину изменения диаметра отверстия при накатке. Результаты этих исследований, проведенных по трем сталям, представлены на графике фиг. 2.

Фиг. 2. Изменение диаметра отверстия после накатки в зависимости от твердости стали и диаметра установки оправки



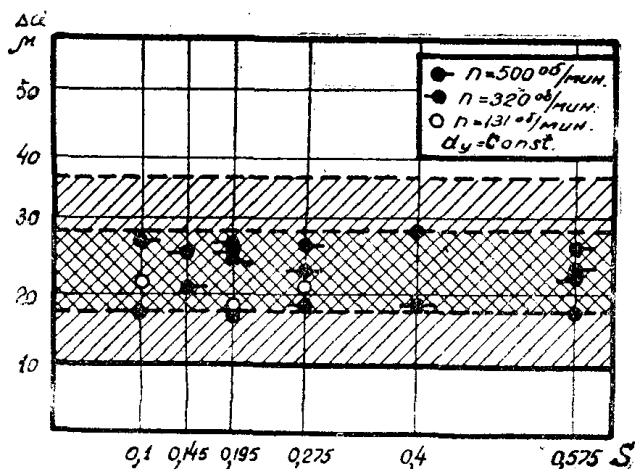
Из графика видно, что с увеличением δd изменение диаметра возрастает. Это является вполне естественным, так как с увеличением разности диаметров инструмента и отверстия растут усилия, возникающие на шариках. С ростом же сил всегда растет и деформация. Этот же график показывает, что величина изменения диаметра отверстия в микронах зависит от твердости обрабатываемой стали. Изменение диаметра отверстия тем больше, чем мягче сталь.

На графике фиг. 2 область между пунктирными линиями $a-a'$ и $b-b'$ соответствует вполне доброкачественной поверхности обработанного отверстия. Ниже линии $a-a'$ наблюдались следы предшествовавшей обработки, а выше линии $b-b'$ — явление шелушения, т. е. поверхность оказалась разрушенной. Из этого мы можем сделать вполне определенный вывод о том, что разность диаметров инструмента и отверстия до обработки должна быть вполне определенной и для сталей она лежит в пределах от 0,15 до 0,28 мм.

Фиг. 3 и 4 показывают, что влияние скорости и подачи при накатке на величину изменения диаметра отсутствует, а равным образом отсутствует влияние размера отверстия. При постоянной разности диаметров отверстия и инструмента, как бы мы ни меняли скорость, подачу и диаметры обрабатываемых отверстий, изменение диаметра отверстия остается постоянным. Оно лежит при оптимальной разности диаметров, принятой в наших исследованиях равной 0,18 мм, в пределах от 17 до 29 микрон. Оптимальная разность диаметров, равная 0,18 мм, принята нами, исходя из максимальной твердости поверхностного слоя и его чистоты. Полученное здесь значение изменения диаметра отверстия дает нам право установить, что припуск на обработку накаткой должен приниматься в пределах от 0,015 до 0,030 мм.

Все эти исследования справедливы для стали твердостью по Бринелю 197 единиц. Для того чтобы расширить наши выводы, мы произвели их проверку на сталях различной твердости.

Все они целиком подтвердились и на других сталях. Для возможности определения припуска в случае обработки стали любой твердости мы построили график фиг. 5, где дается зависимость изменения диаметра отверстия от первоначальной твердости стали. Этот график построен в логариф-



Фиг. 3. Изменение диаметра отверстия после накатки в зависимости от скорости и подачи

мических координатах, и мы для него можем написать следующее уравнение:

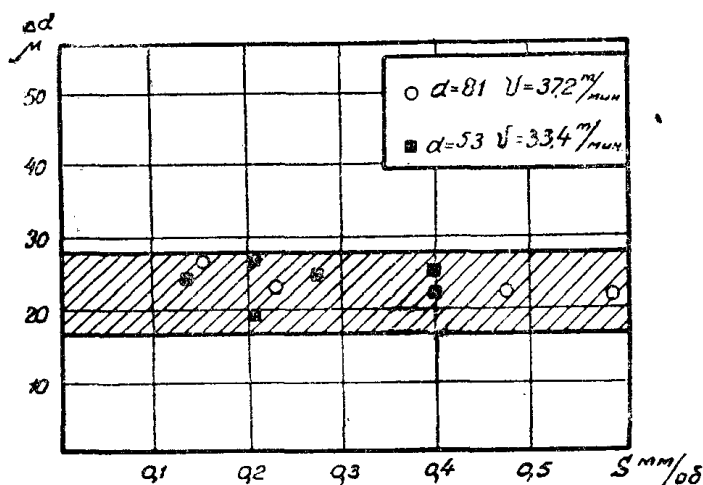
$$\Delta d = CH_B^{-x},$$

где C — постоянный коэффициент, зависящий от рода материала. В нашем случае он оказался равным 402600,

x — показатель степени, зависящий также от рода материала и равный 1,89,

H_B — твердость по Бринелю,

Δd — изменение диаметра отверстия в микронах.



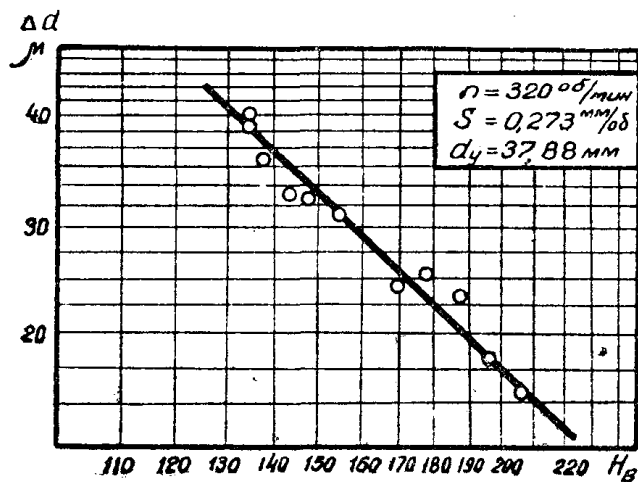
Фиг. 4. Изменение диаметра отверстия после накатки в зависимости от скорости, подачи и диаметра обработки

Отсюда уравнение, выражающее закономерность изменения диаметра отверстия при постоянной разности диаметров в зависимости от первоначальной твердости материала, будет выглядеть так:

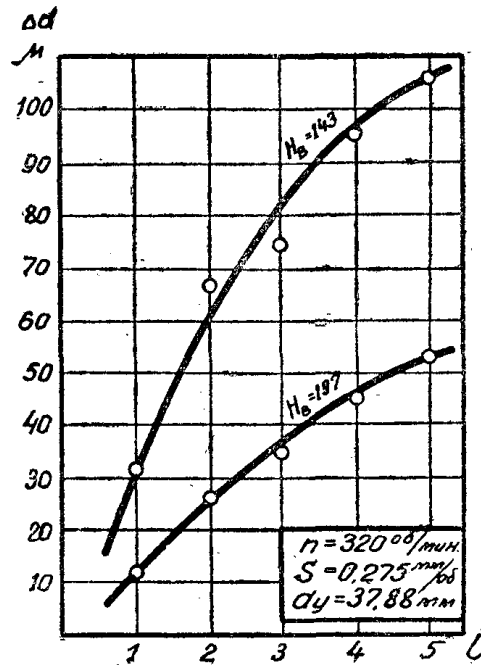
$$\Delta d = \frac{402600}{H_B^{1.89}}.$$

Это уравнение справедливо для различных материалов (сталей), при заданной разности диаметров, различных подач, скоростей и обрабатываемых диаметров, так как их влияние на изменение диаметра отверстия в процессе обработки, как было показано выше, отсутствует.

Часто отверстия, пользуясь оправкой нашей конструкции, невозможно обработать в один проход (глухие, ступенчатые и т. п. отверстия). В этом случае приходится оправку выводить из отверстия с той же подачей, что и при первом проходе. Безусловно, что второй проход инструмента вызовет какое-то дополнительное увеличение диаметра отверстия. В связи с этим мы провели исследование влияния числа проходов на изменение диаметра отверстия в процессе накатки. Результаты этих исследований представлены на фиг. 6.



Фиг. 5. Изменение диаметра отверстия в зависимости от твердости материала



Фиг. 6. Влияние числа проходов и твердости на изменение диаметра отверстия после накатки

Из графика видно, что с увеличением числа проходов по слою растет и изменение диаметра отверстия. При этом, что не трудно усмотреть из графика, с увеличением числа проходов по слою относительная величина изменения диаметра получается меньше. Это вполне объясняется тем, что с увеличением числа проходов текущая разность диаметров становится меньше, а следовательно, меньше и давления, возникающие на шариках оправки.

Чистота поверхности после накатки и ее износ

Для получения полного представления о накатке отверстий шариковой оправкой, как о методе отделки поверхностей, мы провели исследование чистоты поверхности.

Профилограммы неровностей, получающихся при накатке, нами снимались с помощью профилографа системы доцента Еремина А. Н. В основу оценки качества поверхности по чистоте нами был положен ГОСТ 2789—45, который рекомендует оценивать чистоту поверхности, исходя из средней квадратичной высоты неровностей. Пользуясь профилограммами, мы уста-

новили, что средняя квадратичная высота неровностей при накатке отверстий шариковой оправкой лежит в пределах $1,0 \div 1,7$ микрона, что соответствует 6—7 классам чистоты. Однако нужно сказать, что данная чистота поверхности при накатке отверстий шариковой оправкой не является предельной. Она может быть значительно повышена за счет увеличения диаметра шариков оправки.

Проверка на износ накатанных образцов показала, что он в четыре раза меньше износа тщательно шлифованных образцов. Это значительное повышение износоустойчивости накатанных поверхностей по сравнению с ненакатанными объясняется в первую очередь большей поверхностной твердостью первых, приобретенной ими за счет наклепа. Повышение же поверхностной твердости при накатке довольно значительно и составляет 28—48% от первоначальной твердости обрабатываемой стали.

Выводы

1. Накатка отверстий шариковой оправкой может быть отнесена к методам чистовой обработки.
2. Вследствие того, что она дает очень небольшое изменение диаметра отверстия, накатка не меняет или очень мало меняет точность предшествующей обработки.
3. Чистота поверхности после накатки шариковой оправкой по высоте неровностей не уступает шлифованной.
4. Значительное повышение твердости поверхностного слоя и увеличение чистоты его ведет к резкому снижению износа.
5. Методы обработки, предшествующие накатке, должны давать необходимую точность обработки, а по качеству поверхности иметь высоту неровностей, лежащую в пределах изменения диаметра отверстия при накатке. К таким методам можно отнести чистовое зенкерование, чистовую расточку и развертывание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берман С. Р. Единица качества поверхности. Журн. „Машиностроитель“, № 7, 1933.
2. Берман С. Р. Стандартизация качества поверхности. Журн. „Вестник стандартизации“, № 12, 1938.
3. Боасс В. и Шмид Е. Пластичность кристаллов—в особенности металлических. ГОНТИ, 1938.
4. Губкин С. И. Пластическая деформация металлов, ОНТИ, 1935.
5. Еремин А. Н. Профилографирование поверхностей методом прерывистого ощупывания. Известия ТПИ, т. 59.
6. Зайцев А. К. Связь износа с наклепом. Сб. АН СССР „Трение и износ в машинах“, 1939.
7. Конвисаров Д. В. Износ металлов, ОНТИ, 1938.
8. Одинг. Прочность металлов. ОНТИ, 1937.
9. Худяков К. В. и Лесохин С. Ф. Чистота поверхностей. Журн. „Станки и инструмент“, № 7—8, 1945.