

На выходе из ротора частица движется прямолинейно по направлению геометрической суммы окружной и относительной скоростей. Точки вылета частиц из ротора являются точками пересечения абсолютной траектории их движения и окружности концов лопастей. При изменении длины лопасти и коэффициента трения наблюдается перемещение «зон вылета» частиц из ротора, и следовательно, «зон удара».

Недостатком таких мельниц является то, что при высокой производительности материал будет перемещаться по диску в несколько слоев, тогда верхние слои материала будут иметь скорость меньше, чем у нижнего слоя, что ухудшает процесс дробления.

УДК 631.7/9.016

### Поверхностная пластическая обработка малолистовых рессор с использованием локального очага деформации

Студенты гр. 104410 Петрусевич М.А., Урбан А.С.  
Аспирант Баранов Д.А.  
Научный руководитель Иваницкий Д.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Упрочняющая обработка рессоры включает нагрев до температуры закалки, прокатку, формообразование, закалку, отпуск и дробную деформацию поверхности с целью ее упрочнения. На заключительной стадии прокатку осуществляют в режиме дробной деформации поверхности рессоры путем создания в ее поверхностном слое деформированной структуры, образованной нанесением сферических впадин периодического характера (рисунок 1).

Схема для осуществления способа упрочнения рессоры содержит индукционную установку для нагрева рессоры, прокатный стан, выполненный в виде двухвалковой клетки, штамп для формообразования рессоры, закалочную ванну и отпускную печь, а так же двухвалковый прокатный стан для поверхностного упрочнения.

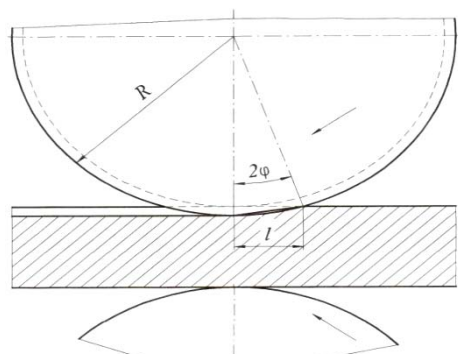


Рисунок 1 – Схема процесса прокатки

На прокатном стане в двухвалковой клетке осуществляет продольную прокатку рессоры при температуре закалки. Непосредственно после прокатки производят формообразование рессорного листа штамповой гибкой в штампе, сохраняя при этом временной режим температуры закалки. После формообразования рессору подвергают закалке в ванне и отпуску в печи.

В прокатном стане для поверхностного упрочнения установлены рабочие валки с периодическим профилем в виде сферических выступов выполненных на бочке в виде сепаратора с шариками, расположенными в шахматном порядке. Валковая клетка содержит пару профилированный валок – профилированный валок.

Данная технологическая схема обработки рессорных листов позволяет заменить дробеструйную обработку поверхности, обладающую существенными недостатками, на процесс поверхностного пластического упрочнения посредством продольной прокатки в профилированных валках.

При теоретическом анализе формирования рельефа на листовом материале будем оценивать по разработанной ранее методике, и рассматривать как процесс заполнения впадин деформирующего инструмента деформируемым металлом. Приближенная схема решения, основанная на усреднении напряжений в сечениях деформируемого металла и принятии упрощенного уравнения пластичности, соответствует реальному процессу для случаев малых

значений коэффициента контактного трения на границе металла со стенками впадин и небольших углах уклона впадин.

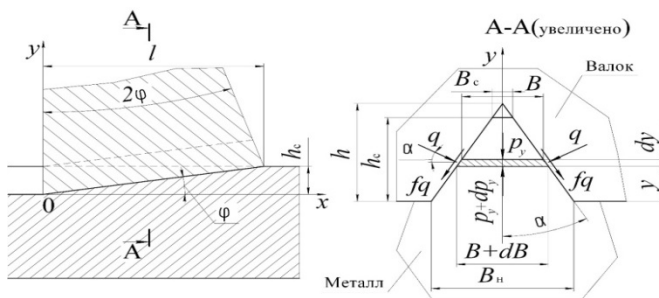


Рисунок 2 – Схема формообразования рельефной поверхности

В данном случае также заменим профиль контакта (рисунок 1) металла с валком хордой. Выделим этот участок для одного ряда сферических выступов. С целью получения решения профиль впадины на валке представим в виде треугольника (рисунок 2). Уравнение равновесия выделенного элемента единичной

длины в деформируемом металле для произвольного поперечного сечения впадины запишем в таком же виде, как и в используемой методике

$$(p_y + dp_y)(B + dB) - p_y B - 2q(dy/\cos\alpha)\sin\alpha - 2fq(dy/\cos\alpha)\cos\alpha = 0, \quad (1)$$

где  $p_y$  - напряжение, действующее в вертикальном направлении в выделенном элементарном сечении;

$B$  - ширина выделенного элементарного сечения;

$q$  - напряжение, действующее на контакте между стенкой впадины и металлом в выделенном элементарном сечении;

$f$  - коэффициент контактного трения;

$\alpha$  - угол наклона стенки канавки.

Аналогично будем считать деформацию в зоне затекания металла во впадину двумерной, поскольку при поверхностно-пластической деформации вытяжка вдоль листа практически отсутствует. Далее принимаем, что главные оси напряжений в рассматриваемом элементе соответствуют вертикальным и горизонтальным осям. Тогда запишем уравнение пластичности

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \beta\sigma_T, \quad (2)$$

где  $\sigma_1 = (q(dy/\cos\alpha)\cos\alpha - fq(dy/\cos\alpha)\sin\alpha)/dy$ ;

$\beta$  - параметр Лодэ;

$\sigma_T$  - предел текучести материала рессоры.

Далее, опуская все математические выводы, запишем выражение

$$p_y = \beta\sigma_T \left\{ (1 + (1/\delta)) \left[ (B/B_C)^\delta - 1 \right] \right\}. \quad (3)$$

Для определения усилия деформирования, приходящегося на единицу длины очага деформации в произвольном сечении очага деформации, выражение (3) проинтегрировано в пределах изменения самой функции

$$P_{ед} = \beta\sigma_T \left\{ (1 + (1/\delta)) (\delta + 1) \left[ (B_H^{\delta+1}/B_C^\delta) - B_C \right] - B_H + B_C \right\}. \quad (4)$$

Из уравнения следует, что с уменьшением величины  $BC$  растет и усилие, приходящееся на единицу длины очага деформации.

Далее определим усилие деформирования при заполнении впадины на длине  $l$  (см. рисунок 2) проекции хорды, наклоненной к оси  $x$  под углом  $\varphi$ .



где  $\sigma_s$  – напряжение текучести стали в исходном состоянии, равное 1324 МПа.

Относительное уменьшение площади сечения определим по формуле (рисунок 5)

$$\psi = (F_0 - F) / F_0, \quad (8)$$

где  $F_0$  – площадь сечения канавок на валке;

$F$  – площадь сечения, заполненная металлом после деформирования.

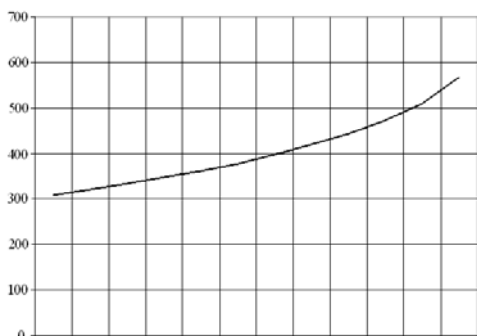


Рисунок 5 – Зависимость усилия деформирования  $P_n$  от глубины внедрения  $h_c$  деформирующего инструмента

По полученным ранее выражениям находим составляющие параметры и по выражению (6) определим полное усилие деформирования  $P_n$  в зависимости от глубины внедрения  $h_c$  деформирующего инструмента. График этой зависимости представлен на рисунке 5.

Как видно из графика, с увеличением глубины внедрения валка в металл растет усилие деформирования и наиболее интенсивно начиная с глубины 0,7 мм. Это объясняется существенным упрочнением металла. Полное усилие деформирования необходимо знать для того, чтобы подобрать механизм поджима инструмента, который обеспечивал бы постоянное по значению усилие поджатия верхнего валка к рессорному листу переменной по длине толщины и необходимую глубину внедрения валка в деформируемый металл.

УДК 621.771.63

#### Устранение уширения полосы переменной толщины в процессе прокатки

Студенты гр. 104410 Нестерович М.Л., Сегень Д.А., Червяк В.В.

Научный руководитель Исаевич Л.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Уширение при прокатке полосы в большинстве случаев является отрицательным фактором, так как требует увеличения суммарного обжатия в процессе уменьшения поперечного сечения полосы. Продольная прокатка периодических профилей, являясь нестационарным процессом, характеризуется изменяющимися по длине проката размерами и формой поперечного сечения, т.е. длиной и шириной.

При прокатке полос переменной толщины, используемых в качестве заготовок для малолистовых рессор, вследствие интенсивного обжатия на концах полосы и потери жесткого конца (внешних зон) существенно увеличивается уширение на этих участках по сравнению с центральной частью заготовки. Это приводит к получению заготовок с концевым дефектом типа «лапа» (рисунок 1), и как следствие, к увеличению потерь металла в обрезку.

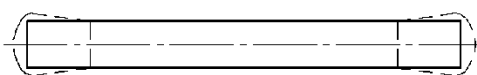


Рисунок 1 – Уширение при прокатке полосовой заготовки переменной толщины

Наиболее простым способом регулирования уширения полосовых заготовок является применение различных ограничительных устройств и приспособлений для придания необходимой ширины прокатанной заготовке. Повышение точности размеров можно достичь за