

Табл. 1. Влияние видов обработки на остаточные напряжения

Состояние материала образцов	Остаточные напряжения, МПа	
	осевые	тангенциальные
Состояние поставки, после точения	-1,4	+40
После ППД	-300	+10
После ППД и пластического деформирования растяжением	-13	-40

Часть образцов для снятия остаточных напряжений после их ППД была равномерно растянута до средней деформации сдвига  $\Gamma_{\text{пр}} = 6 \cdot 10^{-2}$ . Известно [3], что пластическая деформация практически полностью снимает остаточные напряжения. Для контроля рентгеновским методом по стандартной методике на установке ДРОН-2 были определены остаточные напряжения в поверхностных слоях образцов (табл. 1).

Данные испытаний образцов, подвергнутых ППД и пластической деформации растяжением для снятия остаточных напряжений, использовались также для построения кривой усталости, которая характеризовалась следующими значениями: на базе циклов до разрушения  $N_p = 10^5$   $\sigma = 470$  МПа; на базе  $N_p = 10^6$   $\sigma = 440$  МПа,  $\sigma_{-1} = 410$  МПа.

Из анализа экспериментальных данных следует вывод, что повышение характеристик усталостной прочности при ППД образцов из стали 45 (состояние поставки, пластичный материал) происходит в основном за счет деформационного упрочнения их поверхностного слоя. Вклад остаточных напряжений в повышение выносливости при ППД невелик и составляет 5...10 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Повышение прочности и долговечности крупных деталей машин поверхностным наклепом. — М.: НИИинформтяжмаш, 1970. — 144 с. 2. Кудрявцев И.В. Внутренние напряжения как резерв прочности в машиностроении. — М.: Машгиз, 1951. — 218 с. 3. Б и р г е р И.А. Остаточные напряжения. — М.: Машгиз, 1963. — 232 с.

УДК 621.771.014

М.С. БЕЗВЕРХИЙ, Н.Г. СЫЧЕВ

### МОЩНОСТЬ СИЛ КОНТАКТНОГО ТРЕНИЯ ПРИ ПРОКАТКЕ С ПОПЕРЕЧНЫМ СДВИГОМ ВАЛКОВ

При рассмотрении поперечного сечения очага деформации, образованного в случае прокатки с осевым взаимнопротивоположным перемещением валков, на нем можно выделить четыре участка (рис. 1). На участках 1 и 4 силы контактного трения направлены так же, как и при обычной прокатке, на участках 2 и 3 — противоположно.

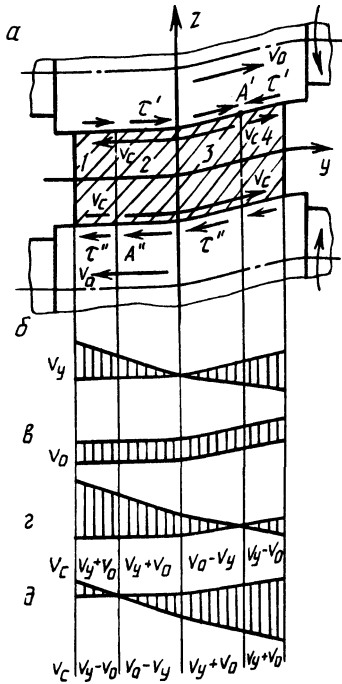


Рис. 1. Силы трения и эпюры скоростей скольжения металла в поперечном сечении очага деформации:

*a* — схема сил трения; *б* — при обычной прокатке [1]; *в* — от перемещения валка; *г, д* — результирующие верхнего и нижнего валков соответственно;  $v_y$  — скорость течения металла в уширение при обычной прокатке;  $v_0$  — скорость осевого перемещения валка;  $v_\epsilon$  — результирующая скорость скольжения

В результате принудительного осевого перемещения валков во взаимно противоположных направлениях со скоростью  $v_0$  прокатываемой полосы через бочку валков передается положительная мощность, если направление силы трения на участке совпадает с направлением перемещения валка.

Передаваемая мощность

$$N_{в.о} = N'_{в.о} + N''_{в.о} = N'_{в1} + N'_{в2} + N'_{в3} - N'_{в4} - N''_{в1} + N''_{в2} + N''_{в3} + N''_{в4}, \quad (1)$$

где индекс 1...4 означает принадлежность соответствующему участку, а степень — верхнему или нижнему валку.

В общем виде

$$N_{в.о} = \int \int_F \tau v_0 dF,$$

где  $\tau$  — сила трения;  $F$  — площадь контакта.

Мощность трения при поперечном скольжении прокатываемой полосы от носительно валков

$$N_T = N_{T1} + N_{T2} + N_{T3} + N_{T4}. \quad (2)$$

Принимая  $N_T = \int \int_F \tau v_y dF$  (где  $v_y$  — скорость течения металла в уширение при обычной прокатке), получим

$$\left. \begin{aligned}
 N_{\tau 1} &= \iint_{F_1} \tau' (v_y + v_o) dF + \iint_{F_1} \tau'' (v_y - v_o) dF = \\
 &= N'_{\tau 1} + N'_{B1} + N''_{\tau 1} - N''_{B1}; \\
 N_{\tau 2} &= \iint_{F_2} \tau' (v_y + v_o) dF + \iint_{F_2} \tau'' (v_o - v_y) dF = \\
 &= N'_{\tau 2} + N'_{B2} + N''_{B2} - N''_{\tau 2}; \\
 N_{\tau 3} &= \iint_{F_3} \tau' (v_o - v_y) dF + \iint_{F_2} \tau'' (v_y + v_o) dF = \\
 &= N'_{B3} - N'_{\tau 3} + N''_{\tau 3} + N''_{B3}; \\
 N_{\tau 4} &= \iint_{F_4} \tau' (v_y - v_o) dF + \iint_{F_4} \tau'' (v_y + v_o) dF = \\
 &= N'_{\tau 4} - N'_{B4} + N''_{\tau 4} + N''_{B4}.
 \end{aligned} \right\} (3)$$

Используя равенства (1), (2) и (3), находим мощность поперечных сил контактного трения при прокатке со сдвигом:

$$\begin{aligned}
 N_{\tau, c} &= N_{\tau} - N_{B, o} = N'_{\tau 1} + N'_{B1} + N''_{\tau 1} - N''_{B1} + N'_{\tau 2} + N'_{B2} + N''_{B2} - N''_{\tau 2} + \\
 &+ N'_{B3} - N'_{\tau 3} + N''_{\tau 3} + N''_{B3} + N'_{\tau 4} - N'_{B4} + N''_{\tau 4} + N''_{B4} - N'_{B1} - N'_{B2} - \\
 &- N'_{B3} + N'_{B4} + N''_{B1} - N''_{B2} - N''_{B3} - N''_{B4} = N'_{\tau 1} + N''_{\tau 1} + N'_{\tau 2} - N''_{\tau 2} - \\
 &- N'_{\tau 3} + N''_{\tau 3} + N'_{\tau 4} + N''_{\tau 4}.
 \end{aligned}$$

При одинаковых условиях трения на контактных поверхностях валков  $N'_{\tau 1} = N''_{\tau 4}$ ;  $N'_{\tau 2} = N''_{\tau 3}$ ;  $N'_{\tau 3} = N''_{\tau 2}$ ;  $N'_{\tau 4} = N''_{\tau 1}$ .

Тогда

$$N_{\tau, c} = 2N'_{\tau 1} + 2N'_{\tau 2} - 2N'_{\tau 3} + 2N'_{\tau 4} = 2(N'_{\tau 1} + N'_{\tau 2} - N'_{\tau 3} + N'_{\tau 4}). \quad (4)$$

Мощность сил трения поперечного скольжения при обычной симметричной прокатке

$$N_{\tau, об} = 2(N_{\tau 1} + N_{\tau 2} + N_{\tau 3} + N_{\tau 4}). \quad (5)$$

Уравнения (4) и (5) отличаются только знаком при  $N_{\tau 3}$ . В уравнение (4) входят члены, характеризующие обычный процесс прокатки. Но для него  $N_{\tau 3} = N_{\tau 2}$ ,  $N_{\tau 1} = N_{\tau 4}$ .

Тогда уравнение (4) запишем в виде

$$N_{\tau, c} = 2(N'_{\tau 1} + N'_{\tau 4}) = 4N'_{\tau 1}.$$

Если  $v_o \geq v_{y, \max}$ , то участки 1 и 4 отсутствуют. Тогда  $N_{\tau, c} = 0$ .

Полученное уравнение показывает, что при прокатке с осевым сдвигом валков мощность, передаваемая через бочку полосе, целиком расходуется на

компенсацию реактивной мощности сил трения. Для полной компенсации вредного действия поперечных сил трения необходимо, чтобы скорость осевого перемещения вала была равна или больше скорости течения края полосы в уширение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В ы д р и н В.Н. Динамика прокатных станов. – М.: Металлургиздат, 1960. – 256 с.

*УДК 658.512.011.56:621.98.01*

М.К. ДОБРОВОЛЬСКАЯ, Н.Б. ШПАК,  
Г.К. ЯХНИН

### ДИАЛОГОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНСЕЛЬХОЗМАША

Ускорение обновления продукции машиностроения требует сокращения сроков технологической подготовки производства. Существенное значение в этом плане имеет автоматизированное проектирование штампов.

В НПО "Ритм" Минсельхозмаша СССР разрабатывается диалоговая система автоматизированного проектирования штампов ЭКСПРЕССШТАМП, которая является составной частью интегрированной САПР холодноштамповочного производства для отрасли сельскохозяйственного и тракторного машиностроения [1]. Штамповая оснастка предприятий характеризуется большим диапазоном габаритов штампов, разнообразием их конструкций, сравнительно невысоким уровнем унификации узлов и деталей штампов.

В настоящее время на многих предприятиях страны успешно внедряются системы автоматизированного проектирования штампов семейства АВТОШТАМП. Эти системы отличаются, как правило, высокими уровнем автоматизации и скоростью проектирования на ЭВМ [2]. Автоматизация проектирования основывается на базовом наборе типовых конструкций штампов с достаточно большим уровнем унификации. Процесс проектирования сводится практически к доработке заданной типовой конструкции штампа, типовых деталей и заготовок на основании оперативной исходной информации о штампуемой детали и некоторых технологических и планово-экономических данных. Проектирование осуществляется в автоматическом режиме, в отдельных системах применяются элементы диалога на этапе ввода оперативной информации. Ход вычислительного процесса и последовательность реализации проектирующих процедур жестко предопределяются алгоритмом проектирования и оперативными исходными данными. Вмешательство человека в процесс проектирования практически исключается. Основными недостатками систем семейства АВТОШТАМП, сдерживающими широкое их распространение на предприятиях машиностроения, являются достаточно большая трудоемкость пополнения базового набора типовых конструкций штампов с целью расширения номенклатуры проектируемых типов и повышенные требования к квалификации специалистов, обеспечивающих развитие указанных систем. Опыт