

пластичною деформацією, але з невеликим зменшення в напрямку вісі заготовки. В центральних областях головок метал зміцнюється в 2,7 рази по відношенню до вихідного стану. Довкола бокових поверхонь головок – в 2,3 рази. В зонах переходу верхньої головки і нижньої головки в стержень коефіцієнт зміцнення досягає значення 1,4. Інші об'єми виробу практично не деформуються. Таким чином, шляхом моделювання доказана можливість отримання висаджуванням виробу кріплення з подвійною головкою.

Для проведення експериментальних робіт по висаджуванні головки на подовженому стержні був спрєктований та виготовлений штамп, конструкція якого наведена на рис. 15. Дослідний зразок виробу після висаджування показаний на рис. 15б.

Список літератури

1. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т/Ред. Совет: Е.И. Семенов (пред.) и др.-Машиностроение, 1987 – т. 3. Холодная объемная штамповка/Под ред. Г.А. Навроцкого. 1987. – 384 с.
2. В.А. Кроха Упрочнение металлов при холодной пластической деформации. М.: Машиностроение, 1980ю – 158 с.
3. Теория пластических деформаций металлов/ Е.П. Унксов, У. Джонсон, В.Л. Колмогоров и др.; Под ред. Е.П. Унксова, А.Г. Овчинникова. – М.: Машиностроение, 1983. – 598 с.

УДК 621.771.073.8:681.3.06

**В.С. Медведев, канд.техн.наук
НИИ «УкрНИИМет» УкрГНТЦ «Энергосталь», г.Харьков, Украина**

ОПТИМИЗАЦИЯ КАЛИБРОВОК ВАЛКОВ В ЧЕРНОВЫХ КЛЕТЯХ СОРТОВЫХ СТАНОВ

Розроблено методику комп'ютерного проектування оптимальних універсальних калібрувань валків у чорнових клітках сортових станів за умови мінімізації типорозмірів калібрів у кожній клітці й вибору оптимальних перетинів і кількості вихідних заготовель.

In this article a new method of computer designing of optimum universal calibrations of rollers for the roughing stands of section mills is described with main regard to minimization of caliber types and sizes in every stand and under the condition of choosing the optimum amount and cross-sections of primary blanks.

Анализ технологии производства сортовых профилей на металлургических предприятиях показывает наличие резервов дальнейшего повышения эффективности производства. Как правило, действующие технологические процессы разработаны на основе практического опыта инженеров технологов без должных научно-обоснованных проработок. Отсутствие последних приводит к дополнительным непроизводительным затратам. Технология не является оптимальной. На большинстве сортовых станов отсутствует должная универсальность калибровок прокатных валков. Вместе с тем,

технико-экономическая эффективность работы сортовых станов, особенно малотоннажных для производства фасонных профилей отраслевого назначения, во многом определяется универсальностью калибровок прокатных валков. В технологической схеме прокатки необходимо использовать возможно большее число общих калибров. Универсальность калибровки позволяет уменьшить простои стана при перевах и настройке, при переходе на новый профиль, сократить парк валков и количество привалковой арматуры. При этом сокращается до минимума число типоразмеров исходных заготовок и обеспечивается рациональный режим обжатий при прокатке каждого из профилирумеров. Максимальная универсальность калибровок валков может быть достигнута в черновых клетях сортовых станов, где используются системы вытяжных ящичных калибров.

Известны работы [1-3] и другие, посвященные оптимизации технологических процессов сортовой прокатки, в которых в качестве критериев оптимизации приняты время цикла, расход энергии и другие параметры. Однако задача разработки оптимальной универсальной калибровки валков с учетом прокатки всех профилей сортамента стана до настоящего времени не решена.

В статье изложена методика компьютерного проектирования оптимальных режимов обжатий в черновых клетях сортовых станов при условии минимизации типоразмеров калибров в каждой рабочей клетке и выбора оптимальных сечений исходных заготовок. Методика предусматривает построение общих ящичных калибров с учетом регулирования размеров поперечного сечения раскатов путем изменения зазора между валками при переходе с профиля на профиль.

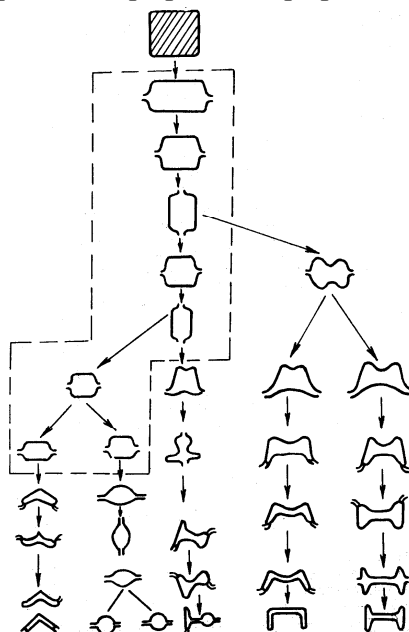


Рис.1. Схема калибровки профилей сортового стана

Калибровка валков сортового стана, представляемая в виде «дерева калибровки» (см. рисунок), рассматривается как N – уровневая иерархическая система (разбиение технологического процесса по вертикали).

Проектирование «дерева калибровки» осуществляется с помощью пошаговых процедур при движении по каждой ветви дерева в отдельности, начиная с $NM(j)-1$ до нулевого уровня. На каждом уровне производится сравнение и объединение калибров близкой ширины.

Исходными данными являются: число профилей, номер первого фасонного калибра для каждого профиля, размеры сечения прямоугольного подката, поступающего в первый фасонный калибр, положение его на входе в калибр, температура и скорость прокатки подката, марка стали; техническая характеристика рабочих клеток и вспомогательного оборудования стана: число клеток, тип клетки (вертикальная или горизонтальная), материал и состояние поверхности валков, диаметр валков по буртам, расстояние между осями валков, допустимые усилия и моменты прокатки, число оборотов валков, наличие кантовки между проходами.

Алгоритм выбора оптимальных типоразмеров исходных заготовок и режима обжатий по каждому профилю включает четыре этапа.

Предварительно прямоугольные подкаты (для каждого профиля) располагаются в ряд таким образом, чтобы затем при их объединении обеспечивалось оптимальное число типоразмеров калибров на каждом уровне технологического процесса.

На первом этапе определяются размеры исходных заготовок для каждого профиля из условия независимой их прокатки, то есть для каждого профиля находится своя максимально возможная по площади поперечного сечения исходная заготовка с учетом технологических ограничений по углу захвата, соотношению сторон раскатов, допустимым нагрузкам на рабочие клетки и др. При этом организуется два цикла – один внешний $j = \overline{1, M}$ по числу профилей M , другой внутренний $i = \overline{NM(j)-1}$ по числу уровней, где $NM(j)$ – номер первого фасонного калибра для рассматриваемого j -го профиля. На каждом уровне определяется оптимальная ориентация j -го раската на выходе из калибра. Если рассматривается уровень, предшествующий первому фасонному калибру, то рациональное направление обжатия в i -м проходе выбирается из соотношения ширины и высоты подката, типа клетки и наличия кантовки после прохода. Для каждого последующего прохода учитывается еще и направление обжатия в предшествующем проходе. Желательно изменять направление обжатия от прохода к проходу на 90° , если это возможно из соотношения размеров раската и позволяет характеристика стана (тип клетки и наличие кантовки).

Далее на каждом уровне определяется максимально возможное обжатие Δh_{\max} с учетом системы ограничений:

$$\alpha_i \leq [\alpha_i]_{\text{дон}}, P_i \leq [P_i]_{\text{max}}, M_i \leq [M_i]_{\text{max}}, \max \left\{ \frac{B_{i-1}}{H_{i-1}}, \frac{H_{i-1}}{B_{i-1}} \right\} \leq a, n_i \leq [n_i]_{\text{max}}, \quad (1)$$

где $\alpha_i, P_i, M_i, n_i, [\alpha_i]_{\text{дон}}, [P_i]_{\text{max}}, [M_i]_{\text{max}}, [n_i]_{\text{max}}$ – соответственно угол захвата, усилие, момент, число оборотов в i -м проходе и максимально допустимые их значения; H_{i-1}, B_{i-1} – высота и ширина раската перед i -м проходом; a – предельное

соотношение размеров прямоугольного раската (коэффициента формы).

Определяется величина обжатия Δh_{\max} исходя из максимально допустимого угла захвата $[\alpha_i]_{\text{дон}}$. Затем осуществляется проверка ограничений (1). Первым определяется выполнение ограничения по соотношениям размеров сторон раскатов, затем по усилию и моменту прокатки. В случае их невыполнения величина обжатия Δh_{\max} в i -м проходе уменьшается с заданным шагом и вновь проверяется выполнение указанных ограничений. Если не выполняется ограничение по скоростям прокатки, то уменьшается конечная скорость прокатки (скорость прокатки подката перед первым фасонным калибром) и, производится повторный расчет режима обжатий (начиная с прохода перед первым фасонным калибром). Скорость прокатки в очередном проходе определяется исходя из константы калибровки, а температура металла по проходам рассчитывается как функция величины обжатия.

На втором этапе подкаты, поступающие в первые фасонные калибры, располагают в порядке возрастания площади поперечного сечения исходных заготовок, найденной на первом этапе.

На третьем этапе производится повторный расчет режима обжатий для каждого профиля с учетом их объединения по уровням технологического процесса. Найденное на втором этапе расположение подкатов обеспечивает строго упорядоченное их рассмотрение. Происходит постепенное заполнение уровней, при котором обеспечивается наилучшее объединение раскатов.

На этом этапе также организуется два цикла: внешний $j = \overline{1, M}$ по числу профилей и внутренний $i = \overline{NM(j) - 1}$ по числу уровней.

Полагается $j = 1$, то есть рассматривается первый подкат. В массивы $HR(i)$ и $BR(i)$, характеризующие текущие размеры раската, заносятся размеры H_j и B_j j -го подката на входе в первый фасонный калибр. Затем на верхних уровнях отыскивается подкат с близким рассматриваемому размерами. Если такой подкат существует, то проходы между ним и рассматриваемым подкатом пропускаются и фиксируется номер найденного уровня.

Далее выбирается оптимальная ориентация подката на i -м уровне с учетом находящихся на этом уровне подкатов и определяются его максимально возможные размеры исходя из ограничений (1). Из полученных соотношений размеров подката на $(i-1)$ уровне и с учетом направления его обжатия в предшествующем проходе определяется ориентация подката – ширина калибра ВК. Затем она сравнивается с ближайшей шириной калибра BL подкатов, находящихся на этом уровне. При $BK > BL$ находится соотношение ширин калибров $\frac{BK}{BL}$, и если оно не превышает заданного коэффициента объединения K_i , то выбирается общий калибр. В противном случае для рассматриваемого подката находится свой калибр.

Коэффициент объединения K_i , характеризующий соотношение ширин калибров

на i -м уровне, и максимальная величина коэффициента объединения $K_{B_{\max}}$ равны

$$K_i = 1 + \frac{(K_B - 1)(NM(j) - 1 - i)}{NM(j) - 1} \quad \text{и} \quad K_{B_{\max}} = \max \left\{ \frac{H_{\max}}{H_{\min}}, \frac{B_{\max}}{B_{\min}} \right\},$$

где H_{\max} , B_{\max} , H_{\min} , B_{\min} – соответственно высота, ширина исходных заготовок максимального и минимального сечений, найденных на первом этапе.

После расчета режима обжатий для каждого профиля при заданной длине исходной заготовки производится уточненный расчет температурно-скоростных и энергосиловых параметров прокатки.

На четвертом этапе путем варьирования коэффициента объединения находится оптимальный вариант режима обжатий, обеспечивающий максимальную универсальность калибровки и производительность стана, а также равномерную загрузку клетей при прокатке профилей всего сортамента. Расчет осуществляется в режиме диалога «человек-машина» при варьировании коэффициента K_B от 1 до $K_{B_{\max}}$. Чем больше значение коэффициента K_B , тем выше универсальность калибровки стана в целом, то есть общие калибры находятся на более низких уровнях. Если $K_B = 1$, то для каждого профиля выбирается своя исходная заготовка, в этом случае универсальность калибровки минимальна.

Каждому значению коэффициента K_B соответствует свой комплекс параметров, характеризующих технологический процесс прокатки в целом, производительность стана, расход валков, энергозатраты, себестоимость продукции и др. В качестве критерия оптимальности, характеризующего эффективность технологического процесса в целом, выбрана максимальная среднечасовая производительность стана при прокатке профилей всего сортамента.

Разработанная методика реализована в виде отдельного программного модуля. Результаты расчета выводятся на экран дисплея. Работа в режиме диалога «человек-машина» позволяет оперативно управлять ходом расчета и поиском оптимального варианта технологии. Результаты расчета оцениваются визуально. Окончательные результаты расчета выдаются в виде таблиц с указанием размеров сечений раскатов по проходам, катающих диаметров валков, углов захвата, температурно-скоростных, энергосиловых и других параметров прокатки.

Разработанные алгоритм и программа расчета универсальных калибровок валков в обжимных клетях сортовых станов являются составной частью разрабатываемой в институте системы автоматизированного проектирования технологии сортовой прокатки САПР «Сортовая прокатка» [4].

Предложенная методика использована при оптимизации действующей технологии прокатки сортовых и фасонных профилей в черновых клетях крупносортного стана 600 Алчевского металлургического комбината, при проектировании оптимальных калибровок валков для мелкосортного стана 300 металлургического мини-завода ЗАО «Стакс» в г. Красный Сулин (Россия), а и др.

Вывод

Разработана методика компьютерного проектирования оптимальных универсальных калибровок валков в черновых клетях сортовых станов при условии минимизации типоразмеров калибров в каждой клетки и выбора оптимальных сечений и количества исходных заготовок.

Список літератури

1. Оптимизация прокатного проиводства / А.Н.Скороходов и др. – М: Металлургия, – 1983. – 432 с.
2. Шилов В.А. Система автоматизированных расчетов оптимальных калибровок простых сортовых профилей. Сообщение 1 / В.А. Шилов, И.А. Колобков, В.К. Смирнов // Изв. вузов. Черная металлургия, – 1982, № 4. – С. 50–55.
3. Шилов В.А. Система автоматизированных расчетов оптимальных калибровок простых сортовых профилей. Сообщение 2 / В.А. Шилов, И.А. Колобков, В.К. Смирнов // Изв. вузов. Черная металлургия, –1982, № 6. – С. 65–69.
4. Медведев В.С., Стрюков С.Б. Комплексное автоматизированное проектирование калибровок валков для прокатки сортовых профилей на базе типовых программных модулей // Металлургическая и горнорудная промышленность, –2000, № 8-9. – С.198–201.

УДК 623.746: 629.7.083.003.13 (045)

Е.Б. Сорока¹, В.А. Титов², д-р техн.наук, проф., Б.А. Ляшенко¹, д-р техн.наук,
О.В. Герасимова³, инж.

1 – Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренка НАН Украины, г.Киев, Украина;

2 – НТУ Украины "Киевский политехнический институт";

3 – Национальный авиационный университет, г.Киев, Украина

УПРОЧНЕНИЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ШТАМПОВ ПОКРЫТИЯМИ ДИСКРЕТНОЙ СТРУКТУРЫ

Досліджені структура, фазовий склад, якість поверхні, твердість та зносостійкість поверхневих шарів деталей із сталі 30ХГСА, які зміцнені газотермоциклічним іонним азотуванням. Показано, що завдяки формуванню дифузійного шару значно підвищуються механічні та експлуатаційні властивості оброблених деталей.

A structure, phase composition, surface quality, hardness and wearproof of superficial layer of the strengthened by gasthermocyclic ionic nitriding 30XGSA steel details is explored. It is shown that mechanical and operating properties of the treated details grow considerably due to diffusive layer forming.

Состояние проблемы. Износ штампов представляет центральную проблему при операциях штамповки в технологическом и организационном отношении [1]. Повышение долговечности штампов диктуется жесткой конкуренцией на рынке этой продукции. Основные тенденции сводятся к повышению качества и срока службы штампов [2]. Наиболее успешно эти тенденции реализуются применением упрочняющих покрытий [3]. Оценка развития рынка упрочняющих покрытий, наносимых вакуум-плазменным методом (PVD), показала, что если в 1980 г. доля