

Рис. 1. Градієнт функції e_3

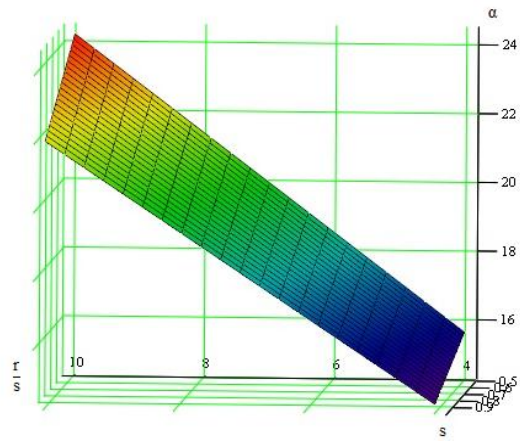


Рис. 2. Градієнт функції α

Таким чином, в результаті виконаних досліджень:

1. Для забезпечення розробки технологічного процесу валкового формування профілів замкнутого перетину отримана математична модель, до якої включені контрольовані параметри, крім того, визначений рух по градієнту, тобто напрям, при руху по якому параметр оптимізації (потоншення металу) зменшується швидше, ніж в будь-якому іншому напрямку.

2. Виконані два повні факторні експерименти що дозволили отримати математичну модель процесу валкового формування профілів замкнутого перетину у вигляді:

- для першого експерименту $e_3 = 0,15 - 0,01 \frac{r}{s} - 0,05s$;

- для другого експерименту $\alpha = 10,4 - 0,34r - 0,9s + 1,6 \frac{r}{s}$.

Список литературы: 1. Ена В.А., Коваленко В.Ф., Козлова И.М. Анализ предельных отклонений в стандартах на гнутые профили. // Гнутые профили проката. Отрасл. сб. научных трудов. – Харьков: Изд. УкрНИИмет. – 1987. – с. 93-101. 2. Стандартизация и качество гнутых профилей проката, / И.С. Тришевский, И.С. Гринь, В.А. Ена и др. – М.: Изд. стандартов. 1982. – 56 с. 3. Хартман К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов // К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер и др. - М.: Мир, 1977. - 552 с. 4. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий // Ю.П. Адлер, Е.В.Маркова, Ю.В. Грановский. - М.: Наука, 1976. - 279 с. 5. Ашмарин И.П. Быстрые методы статической обработки. - Л.: ЛГУ, 1971. - 78 с.

Поступила в редколлегию 11.10.2010

УДК 621.771.057

Ю.А. ПЛЕСНЕЦОВ, канд. техн наук, доц., НТУ «ХПИ», г. Харьков
Н.Р. ГОРОБЕЙ, студентка НТУ «ХПИ», г. Харьков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ И ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОКАТКИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ

На основе полного факторного эксперимента 2^3 получена расчетно-экспериментальная модель, позволяющая определять высоту формируемых ребер периодических профилей,

усилие и момент прокатки. Проверка адекватности модели с помощью критерия Фишера показала, что полученные уравнения могут быть использованы для расчета технологических и энергосиловых параметров процесса прокатки угловых бичевых профилей с оребрением по обеим полкам

На основі повного факторного експерименту 2^3 отримана розрахунково-експериментальна модель, яка дозволяє визначати висоту ребер періодичного профілю, що формується, зусилля та момент прокатки. Перевірка адекватності моделі за допомогою критерія Фішера показала, що отримані рівняння можуть бути використані для розрахунку технологічних та енергосилових параметрів процесу прокатки кутових періодичних профілів з оребренням з обох боків.

Basing on a full factor experiment 2^3 the calculated experimental model was acquired, which do allow defining height of formed periodic profile's ribs, force and a roll forming moment. Checking for adequateness of a model, which was performed using Fishers Criteria, has shown that the acquired equations can be used for calculation of technological end power-energy parameters of periodic angle profiles with two-sided ribbing.

С целью получения расчетно-экспериментальных зависимостей, позволяющих определять высоту формируемого ребра, уширение, усилие и момент прокатки в зависимости от величины истинной деформации, угла наклона ведущей грани инструмента и температуры прокатки исследован процесс прокатки полосовых бичевых профилей с использованием методов теории планируемого эксперимента [1, 2].

Формоизменение и энергетика при прокатке определяются напряженно-деформированным состоянием металла в очаге деформации.

Учитывая изложенное, определены следующие условия проведения эксперимента:

- сечение образцов для экспериментальной прокатки по форме близко к предчистовому подкату для прокатки полосовой бичевой стали;

- форма чистового калибра – чистовой угловой калибр с углом между полками равным 126° и разъемами, расположенными на одном уровне параллельно оси валков.

В качестве исследуемых параметров при проведении эксперимента выбраны следующие факторы:

- высота формируемого ребра h_p , мм;

- усилие прокатки P , Н;

- момент прокатки M , Нм;

- относительное уширение – $\Delta b/B$;

- показатель деформации (A_{\max}), выраженный как отношение относительного уширения к относительному обжатияю:

$$A_{\max} = \varepsilon_b / \varepsilon_{h_n} = \frac{(\Delta b/B)}{(H - h_n)} H. \quad (1)$$

На основании априорной оценки установлено, что основными факторами, влияющими на исследуемые параметры, являются:

1. Величина обжатия, задаваемая в виде истинной деформации - $\ln \frac{H}{h_n}$;

2. Угол наклона ведущей грани инструмента, задаваемый в виде $\sin \alpha$;

3. Температура прокатки - $T^{\circ}\text{C}$.

Пределы варьирования выбранных факторов определялись на основании анализа конструкции бичевых профилей, а также технических возможностей стана и составили:

$$P=581\dots1394 \text{ кН}; M=20,8\dots46,5 \text{ кН}; \Delta b=5,7\dots11,9 \text{ мм}; \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{h_n}}=0,138\dots0,247;$$

$$h_p=6,3\dots10,1 \text{ мм}.$$

Нулевые уровни и принятые пределы измерения факторов приведены в табл. 1. При проведении исследований принят план полного факторного эксперимента 2^3 , то есть ортогональный план первого порядка [1, 2]. В матрицу планирования введен столбец фиктивной переменной x_0 , необходимый для определения коэффициента b_0 уравнения регрессии. Поскольку при обработке результатов эксперимента используются статические методы, то достоверность выводов должна обеспечиваться необходимым числом повторностей опытов в каждой точке факторного пространства. Число повторностей опытов определяли с использованием рекомендаций экспрессного метода статической обработки результатов наблюдений [3], заключающегося в оценке размаха варьирования измеряемой величины в контрольном опыте. В качестве такого опыта взят эксперимент в центре плана.

Таблица 1

Уровни факторов и интервалы их варьирования

Уровни факторов	Обозначение	$\ln \frac{H}{h_n}$	$\sin \alpha$	$T^{\circ}\text{C}$.
		X_1	X_2	X_3
Нулевой	0	1,250	-0,06	1050
Верхний	+1	1,541	0,07	1150
Нижний	-1	0,959	-0,19	950
Шаг варьирования		0,291	0,13	100

Реализация планируемого эксперимента осуществлялась на стане НТУ «ХПИ» с использованием бандажированных валков диаметром $D=320\dots360$ мм.

Учитывая ограниченные возможности в изменении радиуса валков и обжатия раската по ходу эксперимента на прокатной клети стана НТУ «ХПИ», требуемые параметры прокатки для каждого случая реализовались путем подбора заготовки соответствующего сечения.

В качестве исходных данных приняты $\ln \frac{H}{h_n}$, предусмотренные в каждом опыте планируемого эксперимента. Задавшись значением радиуса валков, из соотношения $\ln \frac{H}{h_n}$, определяли H и Δh . Если при этом ограничительные условия нарушаются, т.е. $D \neq 320\dots360$ мм, то вносили соответствующие корректировки в значения R_k и параметры прокатки пересчитывали заново.

Температура образцов определялась косвенно по температуре рабочего пространства печи, фиксируемой с помощью термопар (и потенциометров). Эти замеры контролировались с помощью термопар, зачеканенных в контрольные

образцы и прямым замером температуры отдельных образцов перед прокаткой с помощью оптического пирометра «АПИР–С». Время нагрева образцов до необходимой температуры определяли по известным формулам [4]. Образцы длиной 250..300 мм изготавливали из стали 45.

На прокатных образцах производили замер необходимых данных штангенциркулем и микрометром с точностью $\pm 0,05$ мм. Учитывались усредненные значения трех параллельных опытов.

Энергосиловые параметры замерялись датчиками сопротивления, установленными между нажимными винтами и подушками валков с использованием специальных колец, насаженных на шпиндели клетки. Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты замеров формоизменения и энергосиловых параметров прокатки полосовой бичевой стали

№ варианта	Количество опытов	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
		$\ln \frac{H}{h_n}$	$\sin \alpha$	$T^{\circ}\text{C}$	h_p , мм	P , кН	M , кНм	$\Delta b/B$	A_{max}
1	3	0,935	-0,19	950	6,43	835,3	31,4	0,097	0,160
2	3	1,480	-0,19	950	8,97	1349,0	45,7	0,175	0,227
3	3	0,960	0,07	950	6,50	835,3	31,4	0,112	0,182
4	3	1,493	0,07	950	8,60	1349,0	45,7	0,164	0,212
5	3	0,969	-0,19	1150	6,63	580,6	23,2	0,101	0,163
6	3	1,663	-0,19	1150	920	928,3	30,5	0,189	0,240
7	3	0,970	0,07	1150	6,80	580,6	23,2	0,099	0,159
8	3	1,528	0,07	1150	9,20	928,3	30,5	0,189	0,241
9	5	1,283	-0,14	1150	8,08	923,4	34,0	0,168	0,232

Определив коэффициент уравнения регрессии, получили следующую математическую модель процесса:

- для высоты формируемого ребра

$$Y_1 = 7,79 + 1,2x_1 - 0,016x_2 + 0,17x_3 - 0,76x_1x_2 + 0,041x_1x_3 + 0,059x_2x_3 + 0,043x_1x_2x_3 \quad (2)$$

- для усилия прокатки

$$Y_2 = 92,33 + 21,54x_1 - 16,89x_3 - 4,15x_1x_3 \quad (3)$$

- для момента прокатки

$$Y_3 = 3,34 + 0,47x_1 - 0,64x_3 - 0,108x_1x_3 \quad (4)$$

- для относительного уширения

$$Y_4 = 0,14 + 0,039x_1 + 0,0003x_2 + 0,004x_3 - 0,003x_1x_3 + 0,006x_1x_3 - 0,0008x_2x_3 + 0,0035x_1x_2x_3 \quad (5)$$

- для показателя деформаций

$$Y_5 = 0,189 + 0,03x_1 + 0,0005x_2 + 0,028x_3 - 0,004x_1x_2 + 0,0078x_1x_3 - 0,0013x_2x_3 + 0,005x_1x_2x_3 \quad (6)$$

Переход к натуральным значениям факторов в уравнениях (2-6) производили по формулам:

$$X_1 = \frac{\ln \frac{H}{h_n} - 1,25}{0,291}; \quad X_2 = \frac{\sin \alpha + 0,06}{0,13}; \quad X_3 = \frac{T - 1050}{100}, \quad (7)$$

Результаты замеров формоизменения и энергосиловых параметров прокатки полосовой бичевой стали представлены в табл. 2.

Проверка адекватности модели с помощью критерия Фишера показала, что уравнения (1-6) могут быть использованы для расчета технологических и энергосиловых параметров процесса прокатки угловых бичевых профилей с оребрением по обеим полкам.

В результате выполненных исследований установлено:

1. На существующем оборудовании среднесортных станов возможно получение высоты ребер в пределах 9,1мм.

2. Изменение температуры прокатки с 950°С до 1150°С приводит к приращению высоты ребра до 3,5%, увеличение истинной деформации приводит к пропорциональному возрастанию усилий прокатки;

3. При температуре 1050°С увеличение истинной деформации с 1,5 до 2,0 приводит к возрастанию усилий прокатки на 35%, изменение температуры с 1150°С до 950°С приводит к возрастанию усилий прокатки на 45%.

Список литературы: 1. *Хартман К.* Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов // *К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер и др.* - М.: Мир, 1977. - 552 с. 2. *Адлер Ю.П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий // *Ю.П. Адлер, Е.В.Маркова, Ю.В. Грановский.* - М.: Наука, 1976. - 279 с. 3. *Ашмарин И.П.* Быстрые методы статической обработки. - Л.: ЛГУ, 1971. - 78 с. 2. *Тайц Н.Ю.* Технология нагрева стали. - М.: Metallurgizdat, 1962. - 567 с.

Поступила в редколлегию 01.11.2010

УДК 621.74+338.4

А. Г. ЖУРИЛО, канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХП»

ЧАРЛЬЗ ГАСКОЙН – ФУНДАТОР УКРАЇНСЬКОГО МЕТАЛОЗНАВСТВА. ДО 210 - РІЧЧЯ ПЕРШОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ЗАВОДСЬКОЇ ЛАБОРАТОРІЇ

Зроблено ретроспективний огляд початку металознавства й ливарництва в Україні

Сделан ретроспективный обзор начала металловедения и литья в Украине

Made retrospective review of early metallurgy and foundry in Ukraine

У XVIII столітті Російська імперія багато воювала. Великий попит на пушки і низька якість гармат, що відливались в Росії того часу, змусило уряд виписати в 1786 р. з Англії відомого фахівця, директора Каронського заводу Чарльза Гаскойна [1, с. 134, 156-157]. Каронський завод в Англії отримав світову популярність при виготовленні "гармат - каронад" – короткодюльних скорострільних гармат великого калібру. Поспіль Гаскойн очолював кілька заводів у Росії – Олонецькі (Олександрійський та Кончезерський), а крім того,