

УДК 621.771.63;621.981.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГНУТИХ ПРОФІЛІВ ПРИ ФОРМОВЦІ

Тришевський О.І., д.т.н.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка)

Представлені результати досліджень зміни механічних властивостей гнутих швелерів, виготовлених із різних марок сталей за переходами формування. Зроблений порівняльний аналіз ступеня зміцнення гнутих та штампованих швелерів.

Введення та постановка проблеми.

При формуванні гнутих профілів на профілезгинальних станах в результаті пластичної деформації вигину відбувається значне зміцнення металу, результати дослідження якого наведені в роботах [1]. Величина зміцнення залежить від низки чинників, головними з яких є механічні властивості профільованого металу [2], кутів вигину і радіусів вигину [3]. Для розроблення нових більш ефективних та менш металоємних видів машин та механізмів а також при розробленні технологічних процесів виготовлення нових видів гнутих профілів потрібно правильно враховувати вказані технологічні та конструктивні особливості цього ефективного виду металопродукції, що неможливо без проведення відповідних експериментальних досліджень.

Встановлено, що характеристики механічних властивостей деформованих ділянок профілю є функцією декількох змінних, але залежність їх від цих змінних настільки складна, що в кожному окремому випадку може бути встановлена лише за наявності одного змінного. Нижче наведені результати дослідження залежності механічних властивостей ділянок деформації від сумарного кута вигину профілів, виготовлених зі сталі різних марок.

Методика визначення характеристик механічних властивостей. Були проведені випробування на розтяг зразків, вирізаних з готового профілю, профільованої смуги і вихідної заготовки, а також "натурні" випробування для визначення характеристик механічних властивостей цілого профілю. При цьому сумарна площа поперечного перерізу робочої частини зразків, вирізаних з готового профілю, дорівнювала площі поперечного перерізу цілого профілю. Випробуванням піддавалися швелери 80x100x3 мм і куточки 80x80x3 мм сталі Ст.Зкп. З цих же профілів вирізалися розривні зразки.

Руйнівне навантаження для цілого швелера виявилось рівним 283,5 кН, для куточка 145,2 кН, для зразків з них відповідно 276,9 і 133,1 кН. Таким

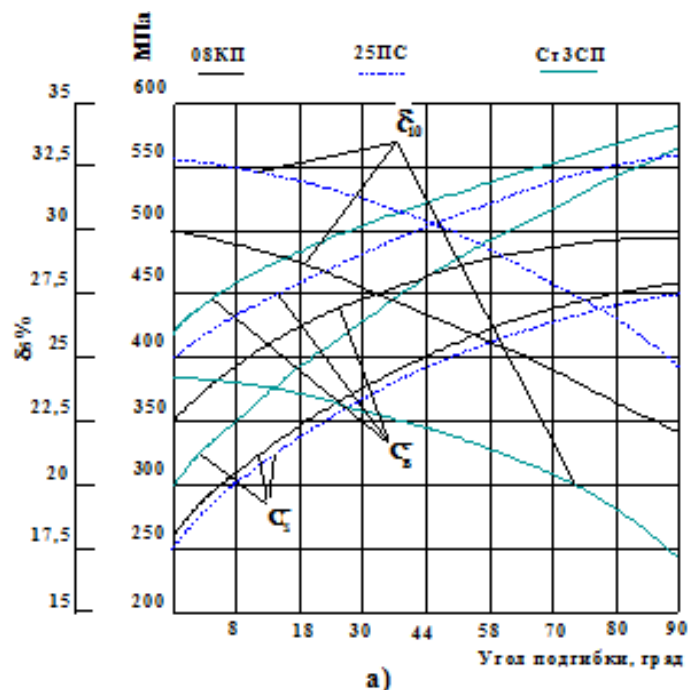
чином, навантаження при розриві цілого швелера на 2,3%, а при розриві куточка на 9% вище сумарного навантаження для зразків, тобто похибка, одержувана при визначенні механічних властивостей за результатами випробувань окремих зразків, невелика і знаходиться в межах похибки експерименту. Тому, зважаючи на труднощі, а часто і неможливість випробування цілих профілів для визначення їх механічних властивостей доцільно проводити випробування вирізаних з них зразків.

Зміна механічних властивостей в процесі профілювання. У зв'язку з тим, що гнуті профілі виготовляються як з маловуглецевих сталей, що мають невисоку міцність, так і з низько-і високолегованих сталей з високою міцністю в початковому стані, зміцнення металу в процесі профілювання досліджувалося на профілях, заготовки для яких були отримані зі сталей, які суттєво розрізняються за механічними властивостями (табл. 1).

Таблиця 1 - Матеріал і механічні властивості вихідних заготовок

марка сталі	08кп	25пс	Ст.3сп	20кп	09Г2	018Х13	10Г2Б
σ_B , МПа	350	400	420	445	460	520	680
σ_S , МПа	250	250	300	305	360	380	500
δ_5 , %	30	33	23,5	26	23	20	13,5

З вказаних сталей виготовлялися профілі з елементами, що підігнуті на 90° , за наступним режимом: 0-8-18-30-44-58-70-80-90°. З місць згину після кожної формуючої кліті відбиралися зразки з шириною робочої частини 10 мм для випробування на розрив. За результатами випробувань побудовані графіки залежності характеристик механічних властивостей від сумарного кута вигину (рис. 1).



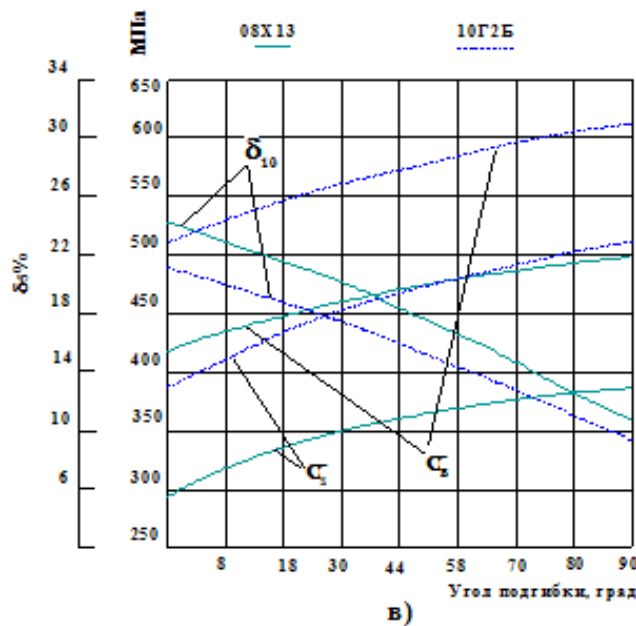
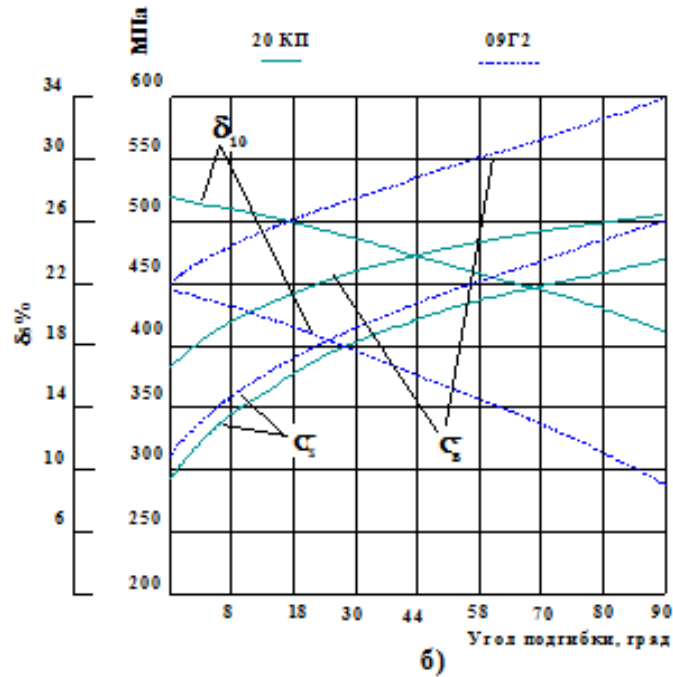


Рисунок 1 - Зміна механічних властивостей швелерів, виготовлених з різних марок сталі при вигині по переходах: а) для сталей СтЗсп, 25ПС, 08КП, б) для сталей 20КП і 09Г2; в) для сталей 08Х13 і 10Г2Б

Як видно з графіків, характер зміни механічних властивостей однаковий для всіх досліджуваних сталей. Зі збільшенням сумарного кута вигину межа міцності і межа текучості металу в місцях вигину зростають, причому останній більш інтенсивно, а відносно подовження зменшується. Однак інтенсивність зміни цих характеристик неоднакова і залежить від марки сталі. Так, зміна межі

міцності в місцях вигину профілів із сталі О8кп, 25пс і СтЗсп (рис.1 а) у порівнянні з заготовкою складає 38-40%, із сталі 20кп і 09Г2 (рис.1б) - 31-34%, із сталі 08Х13 і 10Г2Б (рис.1в) - всього 15-23%. Зміна межі текучості становить відповідно 72-84%, 57-67% і 28-38%, відносно подовження зменшується на 70-75% в профілях з вуглецевої сталі і на 40-60% в профілях з легованої.

Зіставлення інтенсивності зміцнення стали в процесі профілювання з її властивостями в початковому стані дозволяє розділити всі досліджувані сталі за мірою зміцнення на три групи. До першої групи слід віднести пластичні сталі з невисокими міцнісними властивостями (з межею міцності до 400 МПа і відносним подовженням понад 30%), які в процесі профілювання зміцнюються найбільш інтенсивно; до другої групи - сталі з межею міцності до 500 МПа і відносним подовженням 23-30%, до третьої - високоміцні, мало пластичні сталі з межею міцності понад 500 МПа і відносним подовженням нижче 20%, зміцнення яких є найменшим.

Для наведених на рис. 1 експериментальних даних залежність механічних властивостей від сумарного кута вигину з достатнім ступенем точності може бути описана наступними функціями:

$$\begin{aligned}\sigma_e(\alpha) &= a_0 + a_1\alpha + a_2\alpha^2 \\ \sigma_m(\alpha) &= b_0 + b_1\alpha + b_2\alpha^2 \\ \delta_s(\alpha) &= c_0 + c_1\alpha + c_2\alpha^2\end{aligned}\quad (1),$$

де α - сумарний кут вигину, рад

Для сталей, віднесених, до другої групи, за методом найменших квадратів визначені значення коефіцієнтів межі міцності, межі текучості відносного подовження в місцях вигину профілю, наведені в табл.2.

Таблиця 2 - Значення коефіцієнтів характеристик механічних властивостей металу в місцях згину гнутих профілів

Марка сталі	α_0	α_1	α_2	b_0	b_1	b_2	c_0	c_1	c_2
Ст.Зсп	420	2,3	66,5	300	12,2	90,6	23,5	-18,16	4,73
20кп	445	5,5	53,5	305	39,0	60,5	26,0	-17,44	3,12
09Г2	460	27,4	46,5	360	83,2	30,0	23,0	-18,14	5,12

Коефіцієнти α_0 , b_0 , c_0 характеризують властивості вихідного металу, а коефіцієнти α_1 , b_1 , c_1 і α_2 , b_2 , c_2 визначають ступінь зміцнення. і готового профілю.

Порівняння механічних властивостей гнутих профілів, виготовлених штампуванням і профілюванням. Зараз у багатьох галузях промисловості гнуті профілі все більше замінюють штамповані. У зв'язку з цим представляло великий інтерес проведення порівняльних випробувань механічних

властивостей цих профілів при статичних і динамічних (вібраційних) навантаженнях. Таким випробуванням були піддані штамповані і профільовані швелери 136x70x5 мм і 153x60x5 мм із сталі 20кп. Гнуті швелери формувалися за двома режимами: а) 0-10-24-39-55-71-86-90 ° і б) з подвійним перегином полиць - 0-10-24-39-55-71-86-76 -86-900.

Механічні властивості визначалися на розривних зразках, вирізаних з швелерів по всьому поперечному перерізу; по всьому периметру через кожних 5 мм на прямолінійних ділянках і через 2 мм у місцях вигину твердоміром ТК-2 замірялася твердість.

Характер зміни механічних властивостей по периметру виготовленого профілюванням та штампованого швелерів однаковий: в місцях вигину спостерігається значне зміцнення металу внаслідок холодної деформації, для штампованого швелера воно дещо менш інтенсивно, ніж для гнутого: межа міцності в цих місцях у порівнянні з заготовкою підвищилася (відповідно) на 20-25% та 25-29%, межа текучості - на 55-65% і 70-75%. Відносне подовження в місцях вигину профілів приблизно однаково. У механічних властивостях полиць і стінок швелерів помітних відмінностей не спостерігається.

Зміна твердості на поверхні штампованого і гнутого профілів аналогічна зміні меж міцності та текучості.

Для дослідження механічних властивостей профілів при динамічних навантаженнях проводилися випробування на втому. Навантажування профілів на вигин виконувалося в площині, паралельній стінці швелера, тобто в площині найбільшої жорсткості. Межі витривалості для штампованих швелерів 153x60x5 мм і таких же швелерів, виготовлених за першим режимом профілювання, виявилися однаковими, межа витривалості профілів, виготовлених по другому режиму, на 10% нижче. Межі витривалості штампованих швелерів 136x70x5 мм і таких же швелерів, виготовлених по першому і другому режиму профілювання, виявилися практично однаковими. Таким чином, профілі, отримані на профілегібочному стані, по втомної міцності не поступаються штампованим і можуть використовуватися в конструкціях, що піддаються, вібраційним навантаженням.

Висновки.

1. Результати виконаних експериментів свідчать, що інтенсивність зміни механічних властивостей металу в процесі профілювання залежить від механічних властивостей заготовки. За ступенем зміцнення в процесі профілювання сталі різних марок можуть бути об'єднані в три групи:

а) пластичні сталі з невисокими характеристиками міцності ($\sigma_B = 350 - 420$ МПа), зміцнюються в процесі профілювання найбільш інтенсивно;

б) сталі з межею міцності σ_B до 500 МПа і відносним подовженням $\delta_5 = 23-33\%$, мають середню ступінь зміцнення;

в) високоміцні мало пластичні сталі (σ_B понад 500 МПа, δ_5 нижче 20%), зміцнюються в процесі профілювання найменш інтенсивно.

2. Як показало порівняння механічних властивостей профілів, виготовлених профілюванням і штампуванням, зміна механічних властивостей по їх периметру однаково. Зміцнення штампованого профілю дещо менше, ніж гнутого. Різниця величин межі міцності становить 4 - 5%, межі текучості - 10-15% при приблизно однаковому відносному подовженні.

Результати випробувань цілих профілів на втому показали їх одноцінність.

Список літератури:

1. Тришевский И.С., Клепанда В.В. и др. Механические свойства холодногнутых периодических профилей // Реф.сб. «Автомобилестроение», вып.7 – Москва: НИИНАВТОСЕЛЬХОЗМАШ, 1965, 34 с.

2. Тришевский И.С., Гамерштейн В.А., Акимов Э.П. Зависимость механических свойств холодногнутых профилей от механических свойств исходных заготовок // Сб. «Высокоэкономичные гнутые профили проката», – Москва: Металлургия, 1965, – С.202-214.

3. Тришевский И.С., Гамерштейн В.А., Акимов Э.П. Исследование влияния параметров процесса профилирования на механические свойства холодногнутых профилей // Сб. «Высокоэкономичные гнутые профили проката», – Москва: Металлургия, 1965, – С. 214-223.

Аннотация

Исследования изменения механических свойств гнутых профилей при формовке

Тришевский О.И.

Представлены результаты исследований изменения механических свойств гнутых швеллеров, изготовленных из различных марок сталей, по переходам формовки. Сделан сравнительный анализ степени упрочнения гнутых и штампованных швеллеров.

Abstract

Study changes in the mechanical properties of cold-formed sections in forming Tryshevskij O.

The results of studies of changes in the mechanical properties of bent channels, made of various grades of steel, on transitions forming. A comparative analysis of the degree of hardening of bent and stamped channels.