



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **123757** (13) **U**
(51) МПК

G01N 3/08 (2006.01)

G01N 3/28 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 08508	(72) Винахідник(и): Грушко Олександр Володимирович (UA), Гуцалюк Олександр Володимирович (UA), Слободянюк Юлія Олегівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.08.2017	(73) Власник(и): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.03.2018	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.03.2018, Бюл.№ 5	

(54) СПОСІБ ВІДБОРУ ПАРТІЙ СТАЛЕВОЇ МАЛОВУГЛЕЦЕВОЇ КАТАНКИ ДЛЯ ВОЛОЧІННЯ ДРОТУ З ПРОГНОЗОВАНИМИ МЕХАНІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

(57) Реферат:

Спосіб відбору партій сталеві маловуглецевої катанки для волочіння дроту з прогнозованими механічними характеристиками, при якому відбирають зразки, проводять механічні випробування зразків, для кожного з яких за отриманими даними будують криву "напруження-деформація", причому випробовують зразки з маловуглецевої сталі з кожної партії катанки, за результатами випробовувань яких визначають за допомогою персонального комп'ютера коефіцієнти кривої зміцнення, що описується функцією $\sigma_1 = A_0 e_i^{n_0}$, де A_0, n_0 - коефіцієнти апроксимації - модуль та показник зміцнення недеформованого металу, визначають за допомогою персонального комп'ютера коефіцієнти апроксимацій кривої зміцнення дроту після волочіння: $A = A_0 \cdot \exp(k \cdot \ln \mu)$, $n = n_\infty + (n_0 - n_\infty) \cdot a^{\ln \mu}$, де $k = 0,167$, $n_\infty = 0,037$, $a = 0,214$ - коефіцієнти, визначені шляхом випробовувань та статистичної обробки даних, $\ln \mu$ - коефіцієнт витягування, далі визначають границю міцності матеріалу дроту $\sigma_u = A \cdot \exp(-n) \cdot n^n$, границю текучості $\sigma_y = A \cdot 0,002^n$ та його відносне подовження після розривання $\delta = [\exp(n) - 1] \cdot 100\%$, в залежності від отриманих характеристик матеріалу дроту відбирають партії катанки для подальшого волочіння.

UA 123757 U

Корисна модель належить до галузі обробки металів тиском, а саме до волочильного виробництва, зокрема до виробництва дроту на волочильних станах.

Відомий спосіб відбору сталевго дроту з чудовими властивостями до кування, при цьому оцінку здатності дроту до кування здійснюють наступним чином: сталевий дріт виготовлений за допомогою волочіння, визначається добутком границі текучості YS і коефіцієнта деформаційного зміцнення n ($YS \times n$), отриманих при випробовуваннях на розтягування і знаходиться в діапазоні від 1,5-8,5 кгс/мм² (патент US №6752880 B2, м. кл. C22 C38/00, опуб. 22.06.2004).

Недоліком даного способу є те, що оцінка дроту з чудовими властивостями до кування не дозволяє на основі випробувань катанки спрогнозувати механічні властивості дроту.

Відомий також спосіб виготовлення високоміцного високовуглецевого дроту за яким границя міцності визначається за наступною формулою: $Y = Y_0 \exp(A_2 \varepsilon_d)$, де Y_0 - границя міцності патентованого дроту; A_2 - коефіцієнт, що залежить від хімічного складу дроту та умов волочіння, і знаходиться в межах від 0,2 до 0,5 і ε_d - повна деформація дроту при волочінні. Границю міцності патентованого дроту у даній роботі пропонують розраховувати в залежності від структури дроту, хімічного складу дроту, коефіцієнта деформаційного зміцнення та відносного видовження дроту (патент US №6949149 B2, м. кл. C22C 38/02, опуб. 27.09. 2005).

У даному способі пропонують визначити лише границю міцності дроту з врахуванням хімічного складу та структури матеріалу, але не надано способу прогнозування інших механічних властивостей (границі текучості та відносного видовження) в залежності від діаметра дроту, що виготовляється.

Найбільш близьким за технічним результатом до корисної моделі є спосіб відбору партій сталевго високовуглецевого дроту для звивання металокорду з мінімальною обривністю при якому із кожної партії сталевго високовуглецевого дроту відбирають зразки, проводять механічні випробування зразків, для кожного із яких за отриманими даними будують криву "напруження-деформація" і визначають границю міцності, границю текучості і модуль пружності для кожного зразка і потім відбирають партії дроту для подальшого звивання в металокорд (патент РБ №15384, м. кл. G01N 3/08, G01N 3/28 опуб. 28.02.2012).

Недоліком даного способу є неможливість спрогнозувати механічні властивості дроту, виходячи із механічних властивостей катанки при випробуваннях на розтягування.

В основу корисної моделі поставлена задача створення способу відбору партій сталевго маловуглецевої катанки для волочіння дроту з прогнозованими механічними характеристиками, що дозволить спрогнозувати границю міцності, границю текучості та відносне подовження дроту в процесі його багатоступінчатого волочіння. За рахунок цього, якщо прогнозовані показники не будуть відповідати вимогам стандартів, то необхідно провести операції, які змінять вихідні властивості способу (наприклад, здійснити відпал). Це дозволить зменшити виробництво неякісної продукції, а також уникнути економічні ризики на виробництві в зв'язку з виготовленням неякісного продукту. Крім того, отримання спрогнозованих показників механічних властивостей дозволить на етапі вхідного контролю сировини скласти раціональний план виробництва дроту різних діаметрів.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб відбору партій сталевго маловуглецевої катанки для волочіння дроту з прогнозованими механічними характеристиками, при якому відбирають зразки, проводять механічні випробування зразків, для кожного із яких за отриманими даними будують криву "напруження-деформація", причому, випробовують зразки з маловуглецевої сталі з кожної партії катанки, за результатами випробувань яких визначають за допомогою персонального комп'ютера (ПК) коефіцієнти кривої зміцнення, що описується функцією $\sigma_i = A_0 e_i^{n_0}$, де A_0, n_0 - коефіцієнти апроксимації - модуль та показник зміцнення недеформованого металу, визначають за допомогою персонального комп'ютера коефіцієнти апроксимації кривої зміцнення дроту після волочіння $A = A_0 \cdot \exp(k \cdot \ln \mu)$, $n = n_\infty + (n_0 - n_\infty) \cdot a^{\ln \mu}$, де $k = 0,167$, $n_\infty = 0,037$, $a = 0,214$ - коефіцієнти, визначені шляхом випробувань та статистичної обробки даних, $\ln \mu$ - коефіцієнт витягування; далі визначають границю міцності матеріалу дроту $\sigma_u = A \cdot \exp(-n) \cdot n^n$, границю текучості $\sigma_y = A \cdot 0,002^n$, його відносне видовження після розриву $\delta = [\exp(n) - 1] \cdot 100\%$; в залежності від отриманих характеристик матеріалу дроту відбирають партії катанки для подальшого волочіння.

Спосіб відбору партій сталевго маловуглецевої катанки для волочіння дроту з прогнозованими механічними характеристиками здійснюють наступним чином.

З кожної партії катанки маловуглецевого дроту відбирають зразки для випробувань на розтягування. Робоча довжина зразків має становити 200 мм, при цьому обов'язково вимірюють значення діаметра катанки за допомогою мікрометра. Випробування на розтягування проводять з використанням стандартних розривних машин (наприклад, Р5М) та певних пристроїв (спеціально розроблених захватів для дроту) - в результаті отримують діаграму розтягування, дотримуючись вимог відповідних стандартів. Діаграма розтягування може бути отримана за допомогою комп'ютерної програми РМ7. На основі отриманої діаграми розтягування будують криву "напруження-деформація" та за допомогою персонального комп'ютера визначають коефіцієнти кривої зміцнення:

$$\sigma_i = A_0 e_i^{n_0},$$

де A_0, n_0 - коефіцієнти апроксимації - модуль та показник зміцнення недеформованого металу; σ_i - інтенсивність нормальних напружень, МПа; e_i - інтенсивність деформацій.

Після кожного переходу волочіння матеріал набуває інших властивостей із збереженням здатності зміцнюватись за степеневим законом при подальшому розтягуванні дроту вздовж його осі

$$\sigma_i = A e_i^n,$$

де A, n - поточний модуль та показник зміцнення матеріалу на певному етапі волочіння, які залежать від коефіцієнта витягування.

Поточний модуль зміцнення A знаходять за формулою, яка була отримана шляхом статичної обробки експериментальних даних за допомогою персонального комп'ютера

$$A = A_0 \cdot \exp(k \cdot \ln \mu),$$

де $\ln \mu$ - коефіцієнт витягування, $k=0,167$ коефіцієнт, визначений шляхом випробувань та статистичної обробки даних

Величина коефіцієнта витягування задається за параметрами технологічного процесу у відповідності до виразу

$$\ln \mu = e_i = \ln \frac{F_0}{F},$$

де F_0 - початкова площа поперечного перерізу дроту; F - площа поперечного перерізу дроту після волочіння.

Величину поточного показника зміцнення визначають за формулою, яка була отримана шляхом статичної обробки експериментальних даних за допомогою персонального комп'ютера

$$n = n_\infty + (n_0 - n_\infty) \cdot a^{\ln \mu},$$

де $n_\infty = 0,037$, $a = 0,214$ - коефіцієнти, визначені шляхом випробувань та статистичної обробки даних.

Поточні модуль та показник зміцнення залежать від коефіцієнта витягування. Наприклад, дані показники A, n матимуть різне значення для діаметра дроту 1,6 мм, 1,2 мм або 1,0 мм - це з урахуванням того, що дріт виготовлений з одного мотка катанки з іншим значенням вхідних показників A_0, n_0 . Поточне значення даних показників дозволяє визначити механічні властивості готового дроту та перевірити їх згідно з діючою нормативною документацією. Так, границю міцності матеріалу дроту знаходять за формулою

$$\sigma_u = A \cdot \exp(-n) \cdot n^n.$$

Наприклад, границя міцності зварювального дроту марок Св-08Г2С, Св-08ГС жорстко регламентується стандартом ГОСТ 2246-70. Даний показник є одним із основних при виготовленні продукції і обов'язково має бути вказаний в сертифікаті якості.

Границю текучості матеріалу дроту та відносне подовження дроту після розривання розраховують за формулами [Побудова кривої течії матеріалу за границями міцності і текучості / О.В. Грушко, В. А. Огородніков, М. І. Побережний, М. П. Єленич // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2009. - № 6 (87). - С 90-93.]

$$\sigma_y = A \cdot 0,002^n,$$

$$\delta = [\exp(n) - 1] \cdot 100\%.$$

Так на етапі планування виробництва дроту дані розрахунки чітко дозволяють побачити, який моток катанки підходить до виробництва певного діаметра дроту. Потім відбирають партії катанки для подальшого волочіння на конкретний діаметр з урахуванням отриманих даних або

відбраковуюють та здійснюють операції, які змінюють вихідні властивості металу (наприклад, відпал).

Перевірку запропонованого способу здійснювали у виробничих умовах, зокрема досліджували зразки з використанням стандартних розривних машин (наприклад Р5М) та певних пристроїв (спеціально розроблених захватів для дроту), так діаграму розтягування було отримано за допомогою комп'ютерної програми РМ7, а одержані експериментальні дані були оброблені за допомогою комп'ютерних програм регресійного аналізу. Детальний опис експериментів описано у прикладах 1 та 2.

Приклад 1. Було проведено випробування на розтягування зразків катанки та дроту зі сталі марки Св-08Г2С ГОСТ 2246-70 (C=0,05-0,11 %; Si=0,7-0,95 %; Mn=1,8-2,1 %; P≤0,030 %; S≤0,025 %; Ni≤0,25 %; Cr і Cu≤0,20 %) після кожного переходу волочіння, що здійснювалось за виробничим маршрутом. Розраховані експериментальні значення коефіцієнтів А і n наведено в таблиці 1. За вищенаведеними формулами розраховано теоретичні значення коефіцієнтів А і n (таблиця 1).

Таблиця 1

Значення експериментальних та розрахункових коефіцієнтів для матеріалу Св-08Г2С

Діаметр зразка	ln μ	ДМПа			n		
		розрахунок	експеримент	похибка, %	розрахунок	експеримент	похибка, %
5,5	-		883			0,178	
4,76	0,289	927	895±9	3,54	0,127	0,119±0,0017	6,72
4,17	0,554	969	969±4	0,05	0,097	0,101±0,0008	3,96
3,68	0,804	1010	967±14	4,43	0,078	0,077±0,0028	1,30
3,28	1,034	1049	955±6	9,84	0,065	0,07±0,00119	7,14
2,95	1,246	1087	989±4	9,91	0,057	0,063±0,0008	9,52
2,69	1,430	1121	1115±3	0,56	0,052	0,05±0,0004	4,00
2,48	1,593	1152	1263±8	8,79	0,049	0,045±0,00132	8,89
1,2	3,048	1468	1440±6	1,94	0,038	0,0347±0,0004	9,51

Таблиця 2

Значення експериментальних та розрахункових стандартних механічних характеристик для матеріалу Св-08Г2С

Діаметр зразка	Границя міцності, МПа			Відносне подовження, %		
	розрахунок	експеримент	похибка, %	розрахунок	експеримент	похибка, %
4,76	628	628	9,77	13,54	12,65	7,04
4,17	701	754	7,03	10,19	10,5	2,95
3,68	766	813	5,78	8,11	8	1,38
3,28	823	817	0,73	6,72	6,5	9,7
2,95	872	854	2,09	5,87	6,25	6,08
2,69	913	1005	9,15	5,34	5,5	2,91
2,48	946	1048	9,73	5,02	4,75	5,68
1,2	1248	1239	0,75	3,87	3,55	9,01

Приклад 2. Було проведено випробування на розтягування для зразків катанки та дроту зі сталі марки G3Si1 ISO 14341:2009 (C=0,06-0,14 %; Si=0,7-1,0 %; Mn=1,3-1,6 %; P≤0,025 %; S≤0,025 %; Cu≤0,20 %; Cr і Ni≤0,15 %), зокрема для: зразків катанки діаметром 5,5 мм, зразків напівфабрикату дроту діаметрів 2,5 та 2,0 мм та зразків готового обмідненого зварювального дроту діаметрів 0,8 та 1,2 мм

Вхідні значення коефіцієнтів, що отримані експериментально: $A_0=894$ МПа та $n_0=0,223$. Розраховані та експериментальні значення коефіцієнтів А і n та стандартних механічних характеристик наведено в таблицях 3 і 4 відповідно.

Таблиця 3

Значення експериментальних та розрахункових коефіцієнтів для матеріалу G3SiI

Діаметр зразка	ln μ	A, МПа			n		
		розрахунок	експеримент	похибка, %	розрахунок	експеримент	похибка, %
2,5	1,57 7	1163,880	1129,122	3,08	0,053	0,0535	0,93
2,0	2,02 3	1253,939	1151,135	8,93	0,045	0,0464	3,02
1,2	3,045	1487,215	1476,069	0,76	0,038	0,0392	3,06
0,8	3,85 6	1702,897	1783,091	4,5	0,037	0,0392	5,61

Таблиця 4

Значення експериментальних та розрахункових стандартних механічних характеристик для матеріалу G3SiI

Діаметр зразка	Границя міцності, МПа			Відносне подовження, %		
	розрахунок	експеримент	похибка, %	розрахунок	експеримент	похибка, %
2,5	944,66	915	3,24	5,44	5,5	1,09
2,0	1042,62	953	9,40	4,60	4,75	3,16
1,2	1264,45	1250	1,16	3,87	4	3,25
0,8	1452,59	1510	3,80	3,77	4	5,75

5 Як видно з таблиць порівняння запропонованого способу відбору партій сталеві маловуглецевої катанки для волочіння дроту з прогнозованими механічними характеристиками дозволяє спрогнозувати механічні властивості маловуглецевого дроту в процесі його волочіння (похибка між розрахунковими та експериментальними даними не перевищує 10 %).

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10

Спосіб відбору партій сталеві маловуглецевої катанки для волочіння дроту з прогнозованими механічними характеристиками, при якому відбирають зразки, проводять механічні випробування зразків, для кожного з яких за отриманими даними будують криву "напруження-деформація", який **відрізняється** тим, що випробовують зразки з маловуглецевої сталі з кожної партії катанки, за результатами випробовувань яких визначають за допомогою персонального комп'ютера коефіцієнти кривої зміцнення, що описується функцією $\sigma_1 = A_0 e_1^{n_0}$, де A_0, n_0 - коефіцієнти апроксимації - модуль та показник зміцнення недеформованого металу, визначають за допомогою персонального комп'ютера коефіцієнти апроксимацій кривої зміцнення дроту після волочіння: $A = A_0 \cdot \exp(k \cdot \ln \mu)$, $n = n_\infty + (n_0 - n_\infty) \cdot a^{\ln \mu}$, де $k = 0,167$, $n_\infty = 0,037$, $a = 0,214$ -

15

20 коефіцієнти, визначені шляхом випробовувань та статистичної обробки даних, $\ln \mu$ - коефіцієнт витягування, далі визначають границю міцності матеріалу дроту $\sigma_u = A \cdot \exp(-n) \cdot n^n$, границю текучості $\sigma_y = A \cdot 0,002^n$ та його відносне подовження після розривання $\delta = [\exp(n) - 1] \cdot 100\%$, в залежності від отриманих характеристик матеріалу дроту відбирають партії катанки для

25 подальшого волочіння.

25

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601