

ДРЕСИРУВАННЯ ГАРЯЧЕКАТАНОГО ОСОБЛИВОТОНКОГО ЛИСТОВОГО ПРОКАТУ ІЗ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

Анотація. Дресування - кінцева операція технологічного процесу виробництва автолистової сталі – впливає на її якість поверхні, властивості та штампованість. Застосування малих обтискувань при дресуванні дозволяє здійснити наклеп поверхневого шару металу і зберігти недеформованими внутрішні шари. В результаті вдається запобігти утворенню ліній зсуву при штампуванні та забезпечити оптимальне поєднання механічних характеристик прокату. Дресування здійснюється з метою усунення різнотовщинності і хвилястості гарячекатаних листів. На дресувальних станах докатують лист до заданої товщини. Дресування травлених листів забезпечує їм більш гладку поверхню. Перевагами дресування є підвищення здатності матеріалу до глибокої витяжки, зменшення відношення σ_t/σ_b і витрат енергії при штампуванні. Проведення дресування на заключній стадії обробки особливотонких штаб і листів дозволить випускати гарячекатаний прокат з показниками якості, які відповідають вимогам стандартів до холоднокатаного листа. Актуальним є аналіз впливу дресування на показники якості гарячекатаного прокату товщиною 1,5 мм для автомобільної промисловості із низьковуглецевої сталі. Мета роботи - встановлення впливу дресування за різними технологічними схемами виробництва на структуру і механічні властивості гарячекатаного особливотонкого листового прокату із низьковуглецевої сталі 08пс. Встановлено, що механічні властивості металу, обробленого за різними технологічними схемами, повністю відповідають вимогам ДСТУ 2834-94 як до гарячекатаного, так і до холоднокатаного прокату. Відпал травленого особливотонкого листового прокату із сталі 08пс суттєво покращує його пластичність в зрівнянні з гарячекатаним станом та сприяє формуванню рівномірної структури металу відповідно до ДСТУ 2834-94. Вибір параметрів та оптимізація процесу дресування дозволять попередити зниження пластичності матеріалу, покращити механічні властивості гарячекатаної особливотонкої листової низьковуглецевої сталі та підвищити якість дресированих штаб та листів.

Ключові слова: низьковуглецева сталь; листовий прокат; дресування; механічні властивості; травлення.

Постановка проблеми

Дресування є кінцевою операцією технологічного процесу виробництва автолистової сталі та впливає на її якість поверхні, властивості та штампованість. Застосування малих обтискувань при дресуванні дозволяє здійснити наклеп поверхневого шару металу і зберігти недеформованими внутрішні шари, в результаті вдається запобігти утворенню ліній зсуву при штампуванні та забезпечити оптимальне поєднання механічних характеристик прокату. Дресування здійснюється з метою усунення різнотовщинності і хвилястості гарячекатаних листів. В деяких випадках на дресувальних станах докатують лист до заданої товщини. Дресування травлених листів забезпечує їм більш гладку поверхню. Перевагами дресування є підвищення здатності матеріалу до глибокої витяжки, зменшення відношення σ_t/σ_b і витрат енергії при штампуванні.

Питанням удосконалення процесу дресування листової сталі для автомобільної промисловості присвячено роботи [1; 2], дані стосовно формування структури та властивостей тонколистових сталей, а також впливу дресування на якість особливотонкої низьковуглецевої сталі представлено в джерелах [3 - 7]. Актуальними є подальші розробки у цьому напрямі.

Мета досліджень

Встановлення впливу дресування за різними технологічними схемами виробництва на структуру і механічні властивості гарячекатаного особливотонкого листового прокату із низьковуглецевої сталі 08пс.

Матеріали та методи дослідження

В роботі застосовували наступні технологічні схеми виробництва гарячекатаного листового прокату із сталі 08пс товщиною 1,5 мм:

– схема 1 (гаряча прокатка на безперервному тонколистовому стані, наступне дресування із ступенем обтискування 1% та розрізання на листи в агрегаті поперечного різання);

– схема 2 (гаряча прокатка на безперервному тонколистовому стані, травлення на безперервній травильній лінії та наступне дресування із ступенем обтискування 1,0-1,2 % на окремо розташованому дресувальному стані);

– схема 3 (гаряча прокатка на безперервному тонколистовому стані, травлення на безперервній травильній лінії, світлий відпал рулонів в газовій ковпаковій печі, розрізання штаб на листи в агрегаті поперечного різання та наступне дресирування із ступенем обтискування 0,8% на стані полистового дресирування);

– схема 4 (гаряча прокатка на безперервному тонколистовому стані, розрізання на листи в агрегаті поперечного різання, травлення листів в агрегаті періодичного травлення та наступне дресирування із ступенем обтискування 0,8-1,6 % на стані полистового дресирування).

Викладення основного матеріалу дослідження

Після гарячої прокатки ($T_{\text{кп}} = 770-790\text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{зм}} = 580-610\text{ }^{\circ}\text{C}$, охолодження на повітрі) і кожної з наступних технологічних операцій здійснювали випробування механічних властивостей штаб із сталі 08пс та порівнювали отримані результати з вимогами ДСТУ 2834-94 до гарячекатаного і холоднокатаного прокату товщиною 1,5 мм (таблиця 1).

Аналіз мікроструктури штаб із сталі 08пс показав, що в гарячекатаному металі формується нерівномірна структура: в поверхневих зонах товщиною 0,25-0,30 мм спостерігаються феритні зерна величиною 40-85 мкм, розмір зерн в структурі центральних зон складає 15-30 мкм.

Механічні властивості штаб із сталі 08пс на різних етапах обробки представлено в таблиці 2.

Таблиця 1

Вимоги ДСТУ 2834-94 до тонколистового прокату із якісної вуглецевої сталі

Спосіб виробництва	Тимчасовий опір, σ_b , МПа	Відносне видовження, δ , %	Твердість HRB	Глибина лунки, мм
гарячекатаний	270-410	≥ 24	—	—
холоднокатаний	270-410	≥ 25	≤ 65	$\geq 11,2$

Встановлено, що механічні властивості гарячекатаного особливотонкого листового прокату після дресирування з порізкою (схема 1) повністю відповідають вимогам ДСТУ 2834-94 до гарячекатаного і холоднокатаного металу для сталі глибокої витяжки групи міцності K270B (табл. 2).

Для видалення окалини з поверхні гарячекатані штаби із сталі 08пс перед дресируванням на окремо розташованому стані протравили на

безперервній лінії травлення (схема 2). Незважаючи на зниження пластичності металу після травлення і дресирування при обробленні штаб за цією схемою, їх механічні властивості повністю відповідають вимогам ДСТУ 2834-94 до гарячекатаного і холоднокатаного металу для сталі глибокої витяжки групи міцності K270B (табл. 2).

Обробка гарячекатаної сталі 08пс за схемою 3 дозволила встановити спільний вплив травлення, відпалу та дресирування на комплекс механічних властивостей прокату. Аналіз даних табл. 2 показав, що відпал дозволяє підвищити пластичність металу після травлення.

Відомо, що нагрів деформованого листового прокату сприяє протіканню процесів старіння та зниженню пластичності і підвищенню міцностних властивостей.

Таблиця 2

Механічні властивості особливотонкого листового прокату із сталі 08пс

Номер схеми	Етапи обробки	Межа текучості, σ_T , МПа	Тимчасовий опір, σ_B , МПа	Відносне видовження, δ , %	Твердість HRB	Глибина лунки, мм
1	гаряча прокатка	225-235	340-350	35-37	38-40	11,94
	дресирування	235-245	340-350	32-36	44-49	11,92
2	гаряча прокатка	215-225	310-320	35-37	40-42	12,10
	травлення	245-255	340-350	31-32	52-54	11,80
	дресирування	265-275	340-350	29-30	55-59	11,76
3	гаряча прокатка	245-255	350-360	35-36	-	11,85
	травлення	295-315	390-400	31-32	-	11,51
	відпал	235-245	350-360	39-40	-	11,70
	дресирування	275-285	380-390	37-38	-	11,50
4	гаряча прокатка	245	340	32	55	11,60
	травлення	275	350	30	59	11,42
	дресирування	295	360	28	61	11,30

При обробленні гарячекатаних штаб на безперервній травильній лінії метал піддається наклепу та деформації. В процесі травлення температура металу підвищується та в поєднанні з попередньою деформацією сприяє інтенсивному протіканню процесів старіння. Дослідження показали, що після травлення температура рулону, який змотаний на безперервній травильній

лінії, складає 80-90°C. Рулон зберігає підвищену температуру тривалий час, протягом якого процес старіння продовжується. В результаті погіршуються механічні властивості штаб після обробки на безперервній травильній лінії. Відпал дозволяє ліквідувати небажані наслідки травлення гарячекатаних штаб та підвищити пластичність металу [6].

Відомо, що відпал сприяє підвищенню здатності листової сталі до глибокої витяжки.

Режим відпалу рулонів у ковпакових печах встановлюють в залежності від заданих властивостей готового листа із врахуванням впливу хімічного складу сталі та технології попередньої обробки. Відпал низьковуглецевих сталей супроводжується розчиненням карбідів і нітридів в фериті при нагріві та наступному їх виділенні при охолодженні. Інтенсивність і завершеність цих процесів визначаються швидкістю нагріву, температурою рекристалізації, тривалістю витримки при цій температурі і швидкістю охолодження. Раціональний вибір цих параметрів є основою виробництва відпаленого листа з низьковуглецевих сталей із заданими властивостями. Відпал рулонів в ковпаковій печі характеризується повільним нагрівом металу до температури рекристалізації та тривалим його охолодженням, що для більшості низьковуглецевих сталей відповідає рівноважному стану твердого α -розчину [6].

Рулони гарячекатаних штаб товщиною 1,5 мм із сталі 08пс піддавали світлому відпалу в одностопній газовій ковпаковій печі в атмосфері захисного газу HN_3 . Застосували наступні режими відпалу: нагрів до температури 600°C, витримка 2 години, нагрів до 680°C, витримка 6 годин. Загальна тривалість нагріву і витримки складала 16 годин, охолодження під муфелем до температури 160°C тривало 30 годин.

Відпалені штаби на агрегаті різки розрізали на листи, які на однокліттьовому стані Кварто піддавали дресируванню із ступенем деформації 0,8% і травленню в 17-ти роликовій правильній машині [4].

Встановлено, що відпал травлених штаб не тільки ліквідує несприятливі наслідки обробки штаб під час травлення, але і суттєво покращує пластичність металу в зрівнянні з гарячекатаним станом (табл. 2).

Відпал також сприяє формуванню рівномірної структури по перерізу гарячекатаних особливотонких штаб із сталі 08пс (розмір феритного зерна

складає 40-60 мкм). Величина зерна фериту для прокату з низьковуглецевої сталі згідно з ДСТУ 2834-94 допускається не крупніше 6 номеру.

Механічні властивості гарячекатаного, травленого в рулонах, відпаленого і дресированого особливотонкого листового прокату (схема 3) повністю відповідають вимогам ДСТУ 2834-94 не тільки до гарячекатаного, але і до холоднокатаного металу групи міцності K270B (табл. 2).

За схемою 4 аналізували вплив дресування на показники якості гарячекатаного особливотонкого прокату при полистовому способі виробництва. Вихідні гарячекатані штаби товщиною 1,5 мм із сталі 08пс розрізали на агрегаті поперечного різання на листи, які протравили на агрегаті періодичного травлення і дресували на прокатно-дресувальному стані із ступенем деформації 0,8-1,6 %.

Механічні властивості дресированих листів відповідають вимогам ДСТУ 2834-94 не тільки до гарячекатаного, але і до холоднокатаного прокату групи міцності K270B (табл. 2).

Висновки

Проведено аналіз впливу заключної операції обробки - дресування на структуру і властивості гарячекатаного особливотонкого листового прокату із низьковуглецевої сталі 08пс:

- встановлено, що механічні властивості металу, обробленого за різними технологічними схемами, повністю відповідають вимогам ДСТУ 2834-94 як до гарячекатаного, так і до холоднокатаного прокату;

- відпал травленого особливотонкого листового прокату із сталі 08пс суттєво покращує його пластичність в зрівнянні з гарячекатаним станом та сприяє формуванню рівномірної структури металу відповідно до ДСТУ 2834-94;

- вибір параметрів та оптимізація процесу дресування дозволять попередити зниження пластичності матеріалу, покращити механічні властивості гарячекатаної особливотонкої листової низьковуглецевої сталі та підвищити якість дресированих штаб та листів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Иванченко В. Г., Франценюк Л. И., Смирнов П. Н. Влияние степени деформации на качество полос при дресировке // Сталь. – 1997. – № 8. – С. 41-44.

2. Присяжный А.В. Совершенствование процесса дрессировки автомобильного листа с целью снижения ребристости: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 03.05.03 «Технологии и машины обработки давлением». – Екатеринбург, 2006. – 24 с.
3. Путники А. Ю., Тилик В. Т., Штехно О. Н., Мовшович В. С., Иванченко В. Г. Исследование технологии горячекатаной особотонкой листовой стали для холодной штамповки // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Київ: Наукова думка, 2001. – С. 193–197.
4. Панченко В.С., Мирошниченко С.А., Иванченко В.Г., Мержинская Е.В. Дрессировка горячекатаных особотонких полос и листов // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Київ: Наукова думка, 2014. – С. 196–205.
5. Леговані сталі та сплави з особливими властивостями. Підручник / Куцова В. З., Ковзель М. А., Носко О. А. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008. – 348 с.
6. Тонколистова сталь: Монографія / Ю. С. Пройдак, В. З. Куцова, М. А. Ковзель, Т. В. Котова, Г. П. Стеценко / Дніпро: НМетАУ, 2018. – 311 с. – ISBN 978-617-7696-51-2.
7. Yu.M. Koval, V.Z. Kutsova, T.V. Kotova, M.A. Kovzel Forecasting and controlling the structure and properties of ultra-low-carbon steels / Metallophysics and Advanced Technologies, 2021 – vol. 43, p.p. 753-768. – ISSN1024-1809 (Print) E-ISSN: 2617-1511 (Online).

REFERENCES

1. Ivanchenko V. G., Frantsenyuk L. I., Smirnov P. N. Influence of the degree of deformation on the quality of strips during skin pass training // Steel. - 1997. - No. 8. - P. 41–44.
2. Prisyazhnoj A.V. Improving the process of tempering an automobile sheet in order to reduce ribbing: abstract of the dissertation: specialty 03.05.03 "Technologies and machines for pressure treatment." - Yekaterinburg, 2006. - 24 p.
3. Putnoki A. Yu., Tilik V. T., Shtehno O. N., Movshovich V. S., Ivanchenko V. G. Investigation of the technology of hot-rolled extra-thin sheet steel for cold stamping // Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy. - Kiev: Naukova Dumka, 2001. - P. 193–197.
4. Panchenko V.S., Miroshnichenko S.A., Ivanchenko V.G., Merzhinskaya E.V. Training of hot-rolled extra-thin strips and sheets // Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy. - Kiev: Naukova Dumka, 2014. - P. 196–205.
5. Alloy steels and alloys with special properties. Textbook / Kutsova V.Z., Kovzel M.A., Nosko O.A. - Dnepropetrovsk: NMetAU, 2008. - 348 p.
6. Sheet steel: Monograph / Yu. S. Proydak, V. Z. Kutsova, M. A. Kovzel, T. V. Kotova, G. P. Stetsenko / Dnipro: NMetAU, 2018. - 311 p. – ISBN 978-617-7696-51-2.
7. Yu.M. Koval, V.Z. Kutsova, T.V. Kotova, M.A. Kovzel Forecasting and controlling the structure and properties of ultra-low-carbon steels / Metallophysics and Advanced Technologies, 2021 – vol. 43, p.p. 753-768. – ISSN1024-1809 (Print) E-ISSN: 2617-1511 (Online).

Received 05.01.2022.

Accepted 18.01.2022.

УДК 621.771.23.09

V. Kutzova, V. Ivanchenko, T. Kotova, M. Kovzel

SKIN-ROLLING OF HOT-ROLLED EXTRA-THIN LOW-CARBON STEEL SHEETS

Skin-rolling is the final operation of the technological process for the production of auto sheet steel. Tempering affects the quality of the metal surface, properties and stamping ability. Treading allows you to harden the surface of the rolled products and keep the inner layers undeformed. As a result, it is possible to prevent the formation of shear lines during

stamping and provide an optimal combination of the mechanical characteristics of rolled products. On skin-rolling mills, the sheet is rolled to a predetermined thickness. Treading etched sheets provides them with a smoother surface. Benefits skin training are to increase the ability of the material to deep drawing and reduce energy costs during stamping. The use of skin-rolling will allow to produce high-quality rolled products in accordance with the requirements of standards. An analysis of the effect of skin-rolling on the quality indicators of low-carbon steel thin-rolled products for the automotive industry was carried out. The effect of skin-rolling on the structure and mechanical properties of hot-rolled extra-thin sheet metal from 08пс low-carbon steel was studied. The mechanical properties of the metal meet the requirements of ДСТУ 2834-94 for hot-rolled and cold-rolled steel. Annealing of extra-thin sheet steel from 08пс steel increases its plasticity compared to the hot-rolled state and contributes to the formation of a uniform metal structure in accordance with ДСТУ 2834-94. The choice of parameters and optimization of the skin-rolling process will prevent a decrease in the plasticity of the material, improve mechanical properties and improve the quality of extra-thin sheet steel.

Keywords: low-carbon steel; sheet steel; skin-rolling; mechanical properties; etching.

Куцова Валентина Зіновіївна – доктор технічних наук, професор, кафедра матеріалознавства ім. Ю.М. Тарана-Жовнира, Національна металургійна академія України.

Іванченко Віталій Георгійович – кандидат технічних наук.

Котова Тетяна Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент, кафедра матеріалознавства ім. Ю.М. Тарана-Жовнира, ННІ «Інститут промислових та бізнес технологій», Український державний університет науки і технологій.

Ковзель Максим Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник відділу проблем деформаційно-термічної обробки конструкційних сталей Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова Національної академії наук України.

Kutsova Valentina – Doctor of Engineering's Sciences, Professor, The department of material science the name U.N.Taran-Zhovnir, The National Metallurgical Academy of Ukraine.

Ivanchenko Vitalii – Ph.D.

Kotova Tetiana – Ph.D., Associate Professor, The department of material science the name U.N.Taran-Zhovnir, Scientific and educational institute «Institute of industrial and business technologies», Ukrainian state university of science and technologies.

Kovzel Maxim – Ph.D., associate professor, senior researcher Z.I. Nekrasov Institute for Iron and steel of the N.A.S. of Ukraine.