УДК 621.73.143:669.14.018.8

ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ КРИСТАЛЛИТОВ НА ШТАМПУЕМОСТЬ ТЕКСТУРИРОВАННОЙ СТАЛИ

*Нагорная И.Ю., аспирант, Ольшанецкий В.Е., д.т.н., профессор

Запорожский национальный технический университет,
**Запорожский государственный университет*

Исследовалась анизотропия коэффициента деформационного упрочнения текстурированной коррозионностойкой стали. Полученные результаты были использованы для нахождения законов распределения показателя штампуемости стали 03Х18ТБч, прошедшей термомеханическую обработку.

Ключеві слова: кристаллит, анизотропия, текстура, упрочнение, штампуемость, закон распределения, параметры распределения.

Нагорна І.Ю., Ольшанецький В.Ю. ВПЛИВ АНІЗОТРОПІЇ КРИСТАЛІТІВ НА ШТАМПОВАНІСТЬ ТЕКСТУРОВАНОЇ СТАЛІ / Запорізький державний університет, Запорізький національний технічний університет, Україна

Проведено дослідження анізотропії коефіцієнта деформаційного зміцнення текстурованої корозійностійкої сталі. Отримані результати були використані для побудови законів розподілу показника штампуємості сталі 03Х18ТБч, що пройшла термомеханічну обробку.

Ключові слова: кристаллiт, анізотропія, текстура, упрочнение, штампуємость, закон розподілу, параметри розподілу.

Nagorna I.U., Olshanetskij V.E. THE INFLUENCE OF ANISOTROPY CRYSTALLITES FOR STAMPABILITY OF TEXTURED STEEL / Zaporozhye state university, Ukraine

Anisotropy of a hardening coefficient for a textured corrosionresistant steel 03Х18ТБч has been studied. The coefficient was used to obtain laws of distribution of stampability factor for the steel subject to thermomechanical treatment.

Key words: crystallite, anisotropy? textyre, hardening, stampability, law of distribution, parameters of distribution.

При обработке листовых коррозионостойких сталей существенную роль играет общая анизотропия [1], оказывающая влияние на «тонкую структуру» стали и на процессы деформирования листа. Комплексный показатель штампуемости W, предложеный в [2] учитывает нормальную пластическую анизотропию. Показано, что чем больше проявляет себя нормальная анизотропия, тем выше способность металла деформироваться в плоскости листа, а меньше - по толщине. Однако, при этом необходимо учитывать и плоскостную анизотропию, которая показывает, как изменяются свойства металла в зависимости от направления.

Для текстурированого листового материала особый интерес представляет изучение плоскостной анизотропии коэффициента деформационного упрочнения n. В качестве объекта рассмотрения выберем случай ребровой текстуры, компоненты которой присутствуют в общей текстуре деформации ферритной стали. Пусть первая из кубических осей ориентирована вдоль направления прокатки, две других - под углом 45º к поверхности. Ориентировки зерен опишем биттеровской функцией вида

$$P(\omega) = \cos\omega \tag{1}$$

где w - угол между кубической осью зерна и направлением прокатки. Примем в первом приближении, что показатель n пропорционален модулю упругости материала. Соответственно среднее значение анизотропии коэффициента n будем искать в виде [4]

$$n(\varphi) = \left[\frac{1}{n_{100}} + c \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\alpha_1^2\alpha_2^2 + \alpha_2^2\alpha_3^2 + \alpha_3^2\alpha_1^2)\, p(\omega) d\omega \right]^{-1} \tag{2}$$

Здесь $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ направляющие косинусы выбранного направления по отношению к кубическим осям, φ - угол, который это направление образует с направлением прокатки, c- постоянная.

В случае ребровой текстуры направляющие косинусы равны:

$$\alpha_1 = \cos(\omega-\varphi),\quad \alpha_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}\sin(\omega-\varphi),\quad \alpha_3 = -\frac{1}{\sqrt{2}}\sin(\omega-\varphi) \tag{3}$$

В соотношении (2) направление типа <100> выбрано базисным; для него φ=90˚,

$$\alpha_1=0,\ \alpha_2 = -\frac{1}{\sqrt{2}},\quad \alpha_3 = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Чтобы вычислить постоянную *c*, зададим два значения n_{100}=0,12, n_{110}=0,25 где (100) и (110) - символы выбранных плоскостей скольжения; в результате получим c=-8,67. Тогда анизотропия коэффициента упрочнения запишется в виде

$$n(\varphi) = \left[8{,}33 - 2{,}17\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}\left[\sin^2 2(\omega-\varphi)+\sin^4(\omega-\varphi)\right]\cos\omega d\omega\right]^{-1} \tag{4}$$

Некоторые значения $n(\varphi)$, рассчитанные по формуле (4), приведены в таблице 1.

Таблица 1

φ	0	45º	90º	135º	180º
n	0,19	0,215	0,26	0,215	0,19

Коэффициент упрочнения n является составной частью формулы комплексного показателя штампуемости [2]

$$W = A\delta nR\sigma_* k_*,\quad \sigma_* = \sigma_T \big/ \sigma_B,\quad k_* = \frac{K_{об}}{K_ф} \tag{5}$$

здесь A - корректирующий коэффициент, учитывающий соотношения размерностей, δ - равномерное относительное удлинение, R - показатель нормальной пластической анизотропии, n - коэффициент деформационного упрочнения, $k_{об}$ - коэффициент обособления частиц второй фазы, $k_ф$ - коэффициент, учитывающий количество второй фазы, $\sigma_т$, $\sigma_в$ - предел текучести и прочности соответственно.

Тогда среднее значение анизотропии показателя штампуемости запишем в виде

$$W(\varphi) = A\delta n(\varphi)R\sigma_* k_* . \tag{6}$$

Зная среднюю анизотропию показателя W, можно переписать закон распределения случайной величины W, полученный ранее в [3] с математическим ожиданием W(φ), в виде

$$g(\omega) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{(W-W(\varphi))^2}{2\sigma^2}},\quad \text{где}\quad \sigma = \left[\left(\overline{\delta}\right)^2 - 0{,}5\left(\overline{\delta}\right)^3\right]0.27A, \tag{7}$$

Здесь $\overline{\delta}$ - среднее значение уровня равномерного относительного удлинения, которое зависит от вида термомеханической обработки. Для изучения влияния обработки на механические характеристики были рассмотрены различные структурные состояния исследуемого металла. Для получения различных комплексов механических свойств его подвергали следующим видам термомеханической обработки:

1. Горячая прокатка + предварительный отжиг 820˚С + холодная пластическая деформация до конечной толщины + отжиг 950˚С.
2. Горячая прокатка + предварительная холодная деформация 20% + отжиг 950˚С + холодная прокатка до конечной толщины.
3. Горячая прокатка + закалка 1050˚С + отжиг 850˚С + холодная пластическая деформация до конечной толщины + отжиг 950˚С.

Для образцов, подвергнутых указанным обработкам, были найдены следующие средние значения параметров, которые входят в соотношения (6) и (7) (Табл.2).

Таблица 2

Параметр	Обработка 1	Обработка 2	Обработка 3
Равномерное удлинение $\overline{\delta}$	0,21	0,32	0,24
Нормальная анизотропия $\overline{R}$	1,5	2,1	1,8
Параметр $\overline{\sigma_*}$	0,75	0,6	0,7
Параметр $\overline{k_*}$	1,5	1,7	1,5

В соответствии с данными таблиц 1 и 2, были вычислены математическое ожидание $m_w = W(\varphi)$ и эмпирический стандарт σ_w закона распределения показателя штампуемости W для различных типов обработки. Изучаемые параметры в целях удобства, увеличены в 100 раз и приведены в таблице 3.

Таблица 3

Режим термообработки	w(φ)					σ_ω
	0	45	90	135	180	
1	6,7	7,6	9,2	7,6	6,7	1,1
2	13	14,7	17,8	14,7	13	2,3
3	10,4	11,8	14,2	11,8	10,4	1,37

Как показывают приведенные в таблице 3 данные, результаты оценок математического ожидания и среднеквадратичного отклонения показателя штампуемости для режима №2 заметно превышают эти же параметры для других обработок. Это объясняется формированием равновесной структуры за счет применения дробной деформации и промежуточного отжига. Для режима обработки №2 были рассчитаны «2-х сигмовые» границы значений показателя штампуемости, которые можно рассматривать как технологические интервалы показателя W. Полоса таких интервалов в зависимости от угла ориентировки φ приведена на рис 1.

Здесь центральная линия полосы (пунктир) соответствует критической величине показателя в том смысле что большие значения W являются более технологически приемлемыми. При этом максимальные значения показателя штампуемости наблюдаются для угла φ=90˚, что связано с

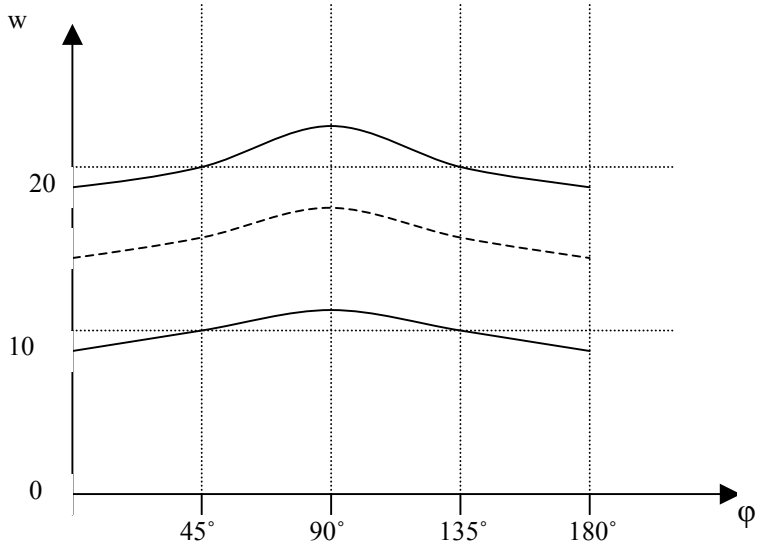

Рис. 1 Технологические интервалы

наибольшим упрочнением листа в этом направлении.

Таким образом, методика вероятностного исследования штампуемости листовых материалов, дает возможность прогнозировать практически важные технологические интервалы комплексного показателя штампуемости, а значит заранее определить значения параметров, входящих в этот показатель [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко А.Л., Ольшанецкий В.Ю. Зв'язок анізотропії з технологічними параметрами виробництва листа з феритних корозійностійких сталей//Металознавство та термічна обробка металів. - 1995 №2.с.8
2. Нагорна І.Ю. Мищенко В.Г. Розробка синтетичного показника штампуємості.//Збірник наукових праць ЗДТУ.- Запоріжжя ЗДТУ.-1999.с 184
3. Мищенко В.Г., Нагорная И.Ю., Ольшанецкий В.Е. Закон распределения показателя штампуемости нержавеющей стали.Вісник Запорізького державного університету 2001 №1
4. Кудрявцев И.П. Текстуры в металах и сплавах.- М.:Металургія, 1965-292с.