

УДК 621.771

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ СТ2ПС С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА МЕТОДОМ БАЗИСНЫХ ДАВЛЕНИЙ

Юрий Михайлович Куренков

*Студент 6 курса, специалитет,
кафедра «Оборудование и технологии прокатки»
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.В. Мунтин,
кандидат технических наук, главный специалист по поисковым работам и новым
технологиям ОАО "ВМЗ", доцент кафедры «Оборудование и технологии прокатки»*

Введение

Основой предварительных расчётов системы автоматизации современных станов горячей прокатки является определение энергосиловых параметров (ЭСП), в первую очередь силы прокатки. Как правило, в формулы расчёта контактных напряжений прямым сомножителем входит сопротивление деформации, поэтому точность его определения непосредственно влияет на погрешность расчёта энергосиловых параметров. Таким образом, уточнение значений сопротивления деформации сталей в процессе горячей прокатки, с учётом фактического их химического состава является актуальной задачей.

Цель работы

Определение действительное значение сопротивления деформации стали 2пс с различным содержанием углерода путем эксперимента на лабораторном стане.

Методы исследования

Несмотря на наличие теоретических формул, описывающих влияние степени и скорости деформации на сопротивление деформации, практическое значение сопротивления деформации находят на основе соответствующих экспериментов.

Существует несколько методов определения сопротивления деформации металлов, такие как растяжение, сжатие, кручение цилиндрических образцов, метод базисных давлений. Отмечают, что значение сопротивления деформации, найденной по результатам испытания образцов в условиях сжатия, растяжения и кручения, может быть использовано в расчетах контактного давления с определёнными допущениями. Причиной этому является различие в условиях развития деформации при прокатке и при испытаниях, различие в температурных условиях и другие факторы [2]. В связи с этим расчет сил прокатки целесообразно основывать на величине сопротивления деформации, найденного непосредственно при прокатке или хотя бы проводить экспериментальную проверку прокаткой результатов, полученных другими методами. Для этого можно использовать метод базисных давлений.

Сущность метода базисного давления состоит в том, что за характеристику сопротивления деформации принято среднее удельное давление p_0 при прокатке эталонных образцов в эталонных условиях. За эталонные условия принимаются условия

двухмерной деформации, исключая влияние уширения и сводящие к минимуму влияние внешнего трения и внешних зон. Эти условия в значительной мере соблюдаются при прокатке образцов прямоугольного сечения, когда $b \gg h_{cp}$ и $l = h_{cp}$, где b – ширина образца, $h_{cp} = \frac{h_0 - h_1}{2}$, h_0 – начальная толщина заготовки, h_1 – конечная толщина, l – длина дуги захвата.

Проведение эксперимента по определению сопротивления деформации

Для проведения экспериментальных исследований прокаткой от промышленных слэбов стали 2пс, произведённых в условиях Литейно-прокатного комплекса АО «Выксунский металлургический завод» вырезаны образцы с размерами 30x160x200 в количестве 12 штук. Фактический химический состав приведён в Таблице 1. При этом 6 образцов отобраны от плавки с содержанием углерода 0,15%, другие 6 образцов – 0,05%. Прокатка велась на стане ДУО-300, основные характеристики которого приведены в Таблице 2.

Система измерения усилий прокатки фирмы АВВ: количество – 2 шт., установлены под подушками нижнего прокатного вала, имеет выход на компьютер стана. Стационарные инфракрасные пирометры «Термоскоп-800 С1»: количество – 2 шт., установлены с двух сторон над клетью, имеют выход на компьютер стана, диапазон измерения 500..1500, спектральный диапазон – 0,8 мкм, показатель визирования – 240:1.

Таблица 1. Химический состав прокатываемых образцов

Марка стали	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	TI	N	Al	Ca	As	Nb	V	Mo
Ст2пс (0,15% C)	0,15	0,11	0,26	0,00 3	0,00 4	0,11	0,09	0,19	0,00 1	0,00 8	0,02 2	0,00 2	0,00 4	0	0,00 2	0,01 3
Ст2пс (0,05% C)	0,05	0,11	0,23	0,00 2	0,00 5	0,09	0,11	0,2	0,00 1	0,00 9	0,02 7	0,00 3	0,00 4	0,00 1	0,00 1	0,01 2

Таблица 2. Основные характеристики лабораторного стана ДУО-300

Максимальное усилие прокатки, МН	1,6
Наибольший момент прокатки, МН*м	0,061
Скорость прокатки, мм/с	50-300
Ход нажимных винтов, мм	100
Скорость изменения раствора валков, мм/с	5...10
Мощность привода, кВт	110

Конечная толщина образца исходя из соблюдения эталонных условий равна 25 мм, что соответствует обжатия $\varepsilon = 16,7\%$. Скорость прокатки принята равной 200 мм/с, что соответствует скорости деформации:

$$\dot{\varepsilon} = \varepsilon \cdot \frac{v}{l} = 1,2 \text{ с}^{-1}$$

При выборе среднего давления на валки отсекались участки захвата и выхода полосы из валков (Рис. 2). Температура образцов измерялась до и после прокатки с помощью ручного пирометра и стационарных пирометров, установленных на станине. Для дальнейших расчетов бралась средняя из четырех температур.

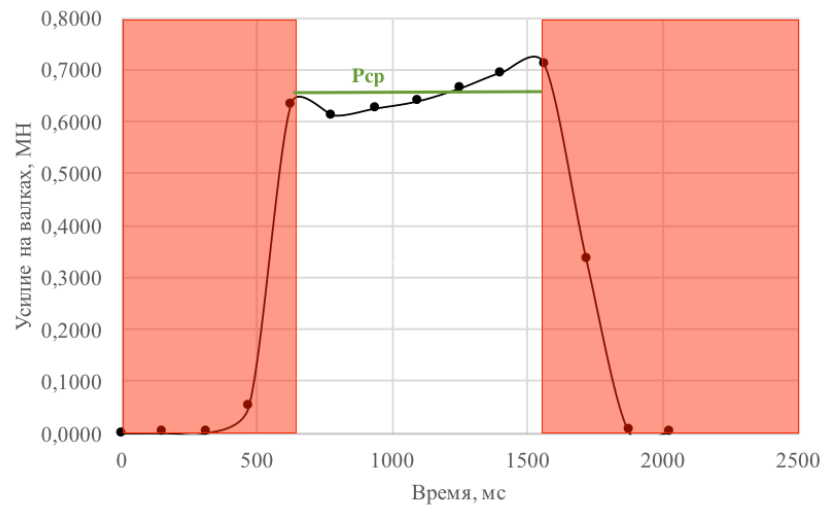


Рис. 2. Схема выбора среднего усилия на валках из данных со стана ДУО-300

Вторая серия экспериментов проводилась из уже прокатанных образцов, предварительно очищенных от окалины с обжатием 14,4%. Расчет величины сопротивления деформации из усилия прокатки представлен ниже [1]:

$$l = \sqrt{R \cdot \Delta H};$$

$$F = B \cdot l;$$

$$\sigma = \frac{p}{1.15 \cdot n'_\sigma}$$

где l – длина дуги захвата, $\Delta H = H_0 - H_1$, H_1 – конечная толщина заготовки, H_0 – начальная толщина заготовки, p – усилие прокатки, $n'_\sigma = 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{l}{h_{cp}}$ – коэффициент влияния внешнего трения.

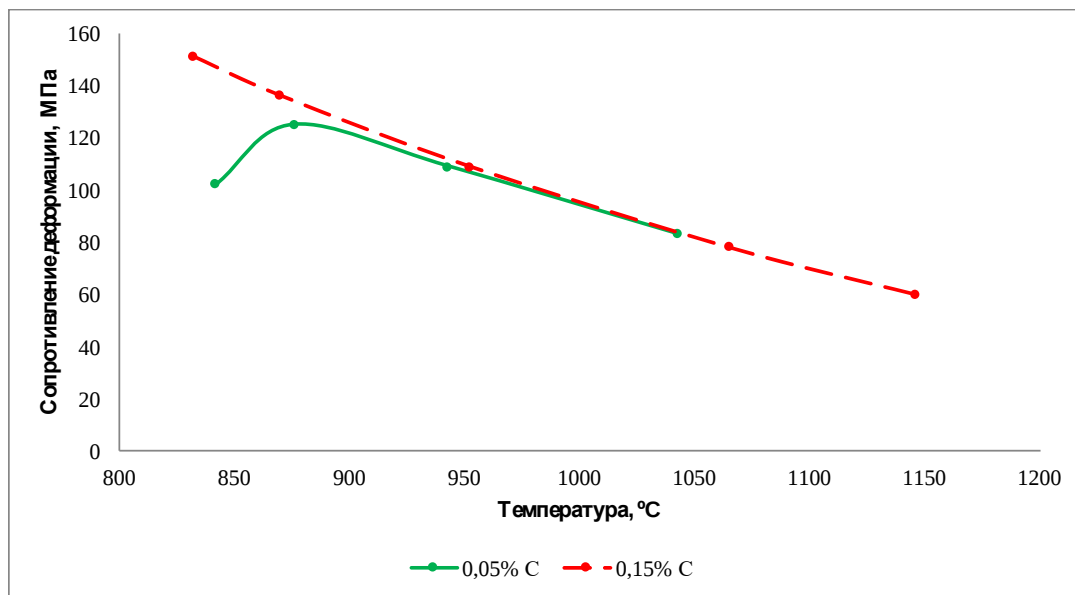


Рис. 3. Зависимость сопротивления деформации от температуры

При температуре ниже 900°C, у образца с более низким содержанием углерода, начинается превращение, поэтому падает сопротивление деформации. Температура начала фазового превращения рассчитывалась по следующей формуле [4]:

$$Ar_3 = 910 - 310C - 80Mn - 20Cu - 15Cr - 55Ni - 80Mo + 0,35(h - 8)$$

Для стали 2пс с содержанием углерода 0,05% $Ar_3 = 870^\circ C$

Для стали 2пс с содержанием углерода 0,15% $Ar_3 = 836^\circ C$

Определение температуры начала фазового превращения показывает, что температура начала превращения у стали с меньшим содержанием углерода начинается при 870°C, что соответствует значению, которое получено при прокатке на лабораторном стане. В случае стали 2пс с содержанием углерода 0,15%, температура фазового превращения не достигается во время эксперимента, поэтому сопротивление деформации не снижается, как при прокатке стали 2 пс с меньшим содержанием углерода.

Выводы

1. Уточнение значений сопротивления деформации сталей в процессе горячей прокатки, с учётом фактического их химического состава – это резерв повышения точности энергосилового расчёта широкополосных станов.

2. С понижением температуры сопротивление деформации растёт. При этом, различия в значениях сопротивления деформации между образцами с содержанием углерода 0,05% и 0,15% отсутствуют при высоких температурах (до 1200 °C), и незначительно различаются при температуре 900 – 1000 °C.

3. Сопротивление деформации снижается, если во время прокатки образец достигает температуры начала фазового превращения.

Литература

1. Зюзин В.И., Бровман М.Я. Сопротивление деформации сталей при горячей прокатке. М.: Металлургия, 1964. 270 с.
2. Никитин Г.С. Теория продольной непрерывной прокатки. М.: МГТУ им. Баумана, 2009. 203 с.
3. Экспериментальная проверка формул для расчета энергосиловых параметров процесса листовой прокатки / А.В. Зиновьев [и др.] // Производство проката. 2002. No 4. С. 2-9.
4. The Effect of Hot Rollong Condition and Chemical Composition in the Onset Temperature of Gamma-Alpha Transformation After Hot Rolling / Ouchi C. [at al]. // Transaction of the ISIJ, March 1982, 214-222