6. Къ вопросу объ опредѣленіи работы при прокаткѣ.

С. Н. Петрова.

(Доложено 9 сентября).

Чтобы провѣрить, насколько вычисленія по выведеннымъ мною въ предыдущихъ замѣткахъ [1]) формуламъ согласуются съ результатами опыта, я, по указанію проф. И. А. Тиме, примѣнилъ эти формулы къ даннымъ опытовъ, произведенныхъ надъ прокаткою листового желѣза на заводѣ Schulz, Knaudt u. C° въ Эссенѣ. Эти данныя приведены въ статьѣ проф. Тиме: „Индикаторные опыты надъ прокаткой стальныхъ рельсовъ и балокъ" (Горный Журналъ, 1883 г.) и въ статьѣ E. Blass'a: „Zur Theorie des Walzprocesses" (Stahl u. Eisen, 1882 г., № 7). Изъ приводимыхъ въ статьѣ проф. Тиме опытовъ я остановился именно на разсматриваемыхъ ниже потому, что они относятся къ прокаткѣ листового желѣза, и, слѣдовательно, къ нимъ прямо могутъ быть примѣнены формулы, выведенныя мною для брусковъ съ прямоугольнымъ сѣченіемъ, а также еще потому, что при этихъ опытахъ измѣрялось давленіе на валки.

Теперь привожу тѣ данныя, которыя нужны для нашихъ вычисленій.

Радіусъ валковъ R = 327 mm. Ширина болванки 800 mm., длина 1500 mm., толщина 16 mm.

Объемъ болванки V = 19.200.000 куб. миллим. Ширина готоваго листа 805 mm. длина 4400 mm., толщина 5,4 mm.

Остальныя данныя приведены въ слѣдующей таблицѣ.

Номера пропусковъ.	Толщина листа въ mm.		Работа махового колеса и паровой машины въ килограммометрахъ.	Работа тренія цапоръ въ килограммометрахъ.	Давленіе на валки въ тоннахъ.
	Передъ пропускомъ. a	Послѣ пропуска. a_1			N
I.	16	14	55000	3670	240
II.	14	12	43000	4600	258
III.	12	10,6	41000	5180	258
IV.	10,6	9,1	74500	6930	294
V.	9,	7,6	73300	8530	304
VI.	7,6	6,	119800	14900	426
VII.	6,1	5,4	52800	11300	286
	Сумма		459400	55110	

По формулѣ

$$p = \frac{N}{b\sqrt{r(a-a_1)}}$$

я нахожу давленіе на единицу поверхности и, затѣмъ, по формулѣ

$$T_u = p\,V \log \frac{a}{a_1}$$

[1]) «Выводъ нѣкоторыхъ формулъ, относящихся къ обработкѣ металла прокаткою», Зап. Горн. Инст. Т V, вып. I и «Сопротивленіе металла сжатію между двумя валками при прокаткѣ», Зап. Горн. Инст. Т. V, вып. II.

вычисляю соотвѣтствующую полезную работу. Получаются слѣдующіе результаты:

Номеръ пропуска.	въ килогр. на 1 кв. мм.	T_u въ килограммометрахъ.
	11,7	30000
	12,6	37400
III.	15,1	36000
IV.	16,6	48600
V.	17,2	59500
VI.	24,0	101000
VII.	23,6	55000
	Сумма	367500

Сравнивая найденныя нами числа, выражающія полезную работу, съ числами приведенными въ таблицѣ 1-ой, выражающими работу махового колеса и паровой машины, надо отмѣтить несоотвѣтствіе чиселъ для 1-го и 7-го пропусковъ.

Именно для перваго пропуска полезная работа, вычисленная по нашей формулѣ, слишкомъ мала сравнительно съ вышеприведенной всей работой, для седьмого пропуска—слишкомъ велика. По этому поводу слѣдуетъ указать, что инженеръ Blass въ своей упомянутой выше статьѣ (Stahl u. Eisen, № 7 292) говоритъ по поводу разсматриваемыхъ опытовъ: „Es ist hierbei zu bemerken, das die Dickenabnahme nach den Angaben des Walzmeisters angenommen sind: der Walzmeister hat aber die Dicken nicht direckt gemessen, sondern nach den Umdrehungen der Druckschrauben gerechnet. Es ist klar, dass hierbei besonders der erste Stich grösseren Ungenauigkeiten ausgesetzt ist...

Dazu kommt, dass die Messung der Schwungradarbeit bei den ersten Stichen wegen der Kürze der Zeit, während welcher der Block hier zwischen den Walzen sich findet, nicht sehr genau ist".

Что касается седьмого пропуска, то въ этомъ случаѣ для полученія вѣрнаго результата по формулѣ

$$p = \frac{N}{b\sqrt{r(a-a_1)}}$$

необходимо весьма точное опредѣленіе величины $a - a_1$, которая дана здѣсь равною 0,7 мм. Ошибка на 0,1 мм. значительно мѣняетъ результатъ въ данномъ случаѣ.

Тѣмъ не менѣе общая сумма полезной работы—367500 килограммометровъ—достаточно согласуется со всей работой паровой машины и махового колеса, опредѣленной по опытнымъ даннымъ въ 459400 килограммометровъ. Подтвержденіемъ служитъ то, что вычисленная по нашей формулѣ полезная работа составляетъ 79,3% всей работы. По опытамъ же проф. И. А. Тиме, описаннымъ въ упомянутой выше статьѣ, полезная работа при прокаткѣ рельсовъ въ черновыхъ валкахъ составляла 78%, въ отдѣлочныхъ—70%, а при прокаткѣ балокъ—81,8% всей работы.

Теперь я разсмотрю примѣненіе формулы 16).

$$p = \frac{q}{1 - \frac{2\sqrt{r(a-a_1)}}{3a_1}} f$$

Если бы временное сопротивленіе желѣза сжатію при температурѣ прокатки и коэффиціентъ тренія f были намъ извѣстны, то по этой формулѣ мы вычислили бы давленіе для каждаго пропуска между валками. Но въ виду отсутствія опредѣленныхъ данныхъ по этимъ вопросамъ *), мы сперва опредѣлимъ f и q изъ разсматриваемыхъ опытовъ.

Вычисленіе даетъ намъ для

$$\frac{2\sqrt{r(a-a_1)}}{3a_1}$$

слѣдующія значенія.

1-ый пропускъ—1,22, 2-ой—1,42, 3-ій—1,35, 4-ый—1,62, 5-ый—2,00, 6-ой—2,42, 7-ой—1,89.

Положимъ, что q, т. е. временное сопротивленіе металла сжатію остается постояннымъ для всего процесса, съ перваго пропуска между валками до послѣдняго, и что f—коэф. тренія—также сохраняетъ постоянное значеніе.

Тогда, беря данныя 1-го и 6-го пропусковъ, для которыхъ получились наименьшее и наибольшее значеніе p, составимъ на основаніи формулы 16) два уравненія:

$$1)\ 11{,}7 = \frac{q}{1 - 1{,}22f}$$

$$2)\ 24{,}0 = \frac{q}{1 - 2{,}42f}$$

*) Прим. Данныя, встрѣчающіяся въ литературѣ относительно коэф. тренія при прокаткѣ, очень противорѣчивы: такъ въ справочной книгѣ Hütte (переводъ подъ редакціей инженера Зандберга, 3-ье изданіе, 1897 г., т. I, стр. 218) дается для процесса прокатки коэф. тренія $\mu = 0{,}1$, а въ статьѣ инженера Fröhlich'a: „Die beim Walzvorgange auftretenden Kräfte und Momente (Stahl u. Eisen, 1906 г., № 15 стр. 923) дано: $f = 0{,}4 - 0{,}6$.

изъ которыхъ находимъ:

$$f = 0{,}28 \text{ и } q = 7{,}71.$$

Подставляя найденныя значенія f и q формулу 16), получимъ выраженныя въ килограммахъ на 1 кв. мм. давленія для различныхъ пропусковъ. Вычисленныя этимъ способомъ величины давленій я привожу рядомъ съ величинами, вычисленными раньше на основаніи опредѣленнаго опытомъ всего давленія на валки.

Давленіе на 1 кв. мм. въ килограммахъ, вычисленное по форм. 16).	Давленіе на 1 кв мм., вычисленное изъ опредѣленнаго опытомъ всего давленія на валки.
$p_1 = 11{,}7$	$p_1 = 11{,}7$
$p_2 = 12{,}7$	$p_2 = 12{,}6$
$p_3 = 12{,}4$	$p_3 = 15{,}1$
$p_4 = 14{,}1$	$p_4 = 16{,}6$
$p_5 = 1\ ,5$	$p_5 = 17{,}2$
p_6 24,0	$p_6 = 24{,}0$
p_7 16,4	$p_7 = 23{,}6$

Значки при p означаютъ номеръ пропуска.

Здѣсь получается особенное несоотвѣтствіе для 7-го пропуска. По этому поводу надо замѣтить, что это несоотвѣтствіе отчасти должно быть вызвано тѣмъ, что q при вычисленіи по формулѣ 16) принято постояннымъ, между тѣмъ какъ оно при охлажденіи желѣза должно возрастать. Затѣмъ, здѣсь можетъ имѣть значеніе скорость прокатки. Наконецъ, отчасти это несоотвѣтствіе легко можетъ быть вызвано тою же причиною, которая, какъ я выше указывалъ, могла вызвать несоотвѣтствіе между вычисленною для 7-го пропуска полезною работою и найденною изъ опыта всею работою,—именно недостаточною точностью опредѣленія уменьшенія толщины листа при послѣднемъ пропускѣ между валками. Если исходить изъ нашихъ формулъ, то можно думать, что данное значеніе для $a - a_1$, равное 0,7 mm., слишкомъ мало. Если бы оно на самомъ дѣлѣ было больше лишь на 0,1 mm. то мы получили бы по нашимъ формуламъ для p_7 вмѣсто чиселъ

16,4 и 23,6

числа

17,5 и 22,0

и несоотвѣтствіе значительно бы уменьшилось.

Если мы вычислимъ полезную работу по формулѣ

$$T_u = p\, V \log \frac{a}{a_1}$$

исходя изъ значеній p, найденныхъ по формулѣ 16-ой, то получимъ слѣдующіе результаты:

1-ый	пропускъ	30000
2-ой	„	37600
3-ій		29800
4-ый		41300
5 ый	„	60500
6-ой		101000
7-ой		38100
	Сумма	338300 килогр.-метровъ.

Вычисленная такимъ путемъ полезная работа составляетъ 73,5% всей работы.