

Прокатка, ея разнородности, разновидности и типы.

С. К. Конюхова.

(Съ 4 рис.)

Первый вопросъ, возникающій при изученіи явленій прокатки, естественнымъ образомъ заключается въ томъ, чтобы опредѣлить, какого рода формоизмѣненія металла или какого-либо другого матеріала нужно считать прокаткой, т. е. другими словами выяснить, что называется прокаткой. Однако, какъ ни простъ самъ по себѣ этотъ вопросъ, отвѣтить на него логически представляется довольно затруднительнымъ. Это затрудненіе возникаетъ изъ-за того, что, какъ родовыя, такъ и видовыя понятія прокатки не вылились еще въ строго опредѣленныя формы, охватывая въ большинствѣ случаевъ не вполне удачно необычайное обиліе особенностей и разнообразій, присущихъ отдѣльнымъ случаямъ прокатки. Будемъ ли мы катать матеріаль холоднымъ или горячимъ, оперируемъ ли мы надъ простымъ, съ геометрической точки зрѣнія, поперечнымъ сѣченіемъ или сложнымъ, искривляемъ ли мы ось предмета или нѣтъ, совпадаетъ ли направленіе вытяжки съ направленіемъ касательной къ валкамъ въ наиболѣе близкихъ точкахъ ихъ, если валки гладкіе (рис. 1 точки A_1 и A_2),

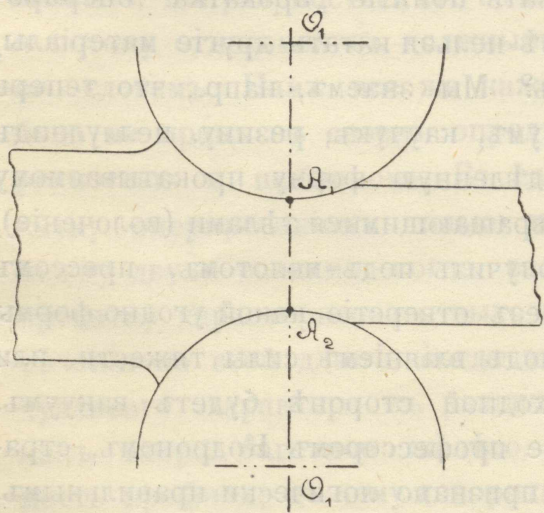


Рис 1

имѣемъ ли мы дѣло съ парой или большимъ числомъ валковъ, вращаются ли валки или прокатывающія тѣла всѣ или только частью, одинакова ли форма прокатывающихъ тѣлъ или нѣтъ, все это вноситъ въ процессъ прокатки свои специфическія особенности и все это отражается на характерѣ прокатки. Отсюда ясно, что опредѣлить, выяснить понятіе „прокатки“ просто и логично, исходя изъ самой природы прокатыванія или вальцеванія,

не такъ-то легко, какъ это кажется съ перваго раза. Есть много болѣе или менѣе однообразныхъ попытокъ, какъ у русскихъ, такъ и у иностранныхъ авторовъ, въ направленіи выясненія понятія „прокатки“, но всѣ эти попытки представляютъ лишь грубое приближеніе, обходя границы интересующаго насъ понятія, въ направленіи скорѣе центробѣжнаго, чѣмъ центростремительнаго характера.

Въ послѣдующемъ я приведу рядъ выдержекъ, какъ изъ сочиненій русскихъ, такъ и иностранныхъ авторовъ и покажу, что сѣтованіе на неполноту и неточность опредѣленія „прокатки“ является не голословнымъ.

Профессоръ Кодронъ въ своемъ великолѣпномъ трудѣ „*Procédés de forgeage dans l'industrie*“ опредѣляетъ прокатку такъ: *D'une façon générale, on entend par laminage l'opération, qui consiste à étirer, allonger en bande, transformer les dimensions d'une masse métallique au moyen des rouleaux animés d'un mouvement de rotation continu ou alternatif et qui constituent les outils de la machine appelée laminoir*“ т. е. подъ прокаткой подразумѣвается такая операція, когда металлу, вытягиваемому въ полосу, придается опредѣленная форма при помощи постоянного или переменнаго вращенія валковъ, являющихся частями прокатнаго стана.

Я не перевожу буквально этого мѣста, а только передаю смыслъ опредѣленія, что, думается, не поставлено будетъ мнѣ въ вину.

Разберемъ это опредѣленіе прокатки и покажемъ, въ чемъ заключается его слабое мѣсто, съ точки зрѣнія неточности и неясности характеристики прокатки.

Прежде всего, почему ограничивать понятіе „прокатка“ оперированіемъ только надъ металломъ? Развѣ нельзя катать другіе матеріалы, какъ глина, стекло, бумага, асфальтъ? Мы знаемъ, напр., что теперь катаютъ зеркальныя стекла, линолеумъ, каучукъ, резину, целлулоидъ и т. д. Во-вторыхъ, придать опредѣленную форму прокатываемому предмету можно вращающимися и невращающимися тѣлами (волоченіе), можно полосу или другое тѣло получить подъ молотомъ, прессомъ или отливкой, или пропусканіемъ черезъ отверстіе какой угодно формы подъ добавочнымъ давленіемъ или подъ вліяніемъ силы тяжести, или атмосфернаго давленія, если на выходной сторонѣ будетъ вакуумъ. Итакъ, опредѣленіе прокатки, данное профессоромъ Кодрономъ, страдаетъ неточностью и не можетъ быть признано логически правильнымъ.

Въ трудѣ Л. Геза „*Traité théorique et pratique du laminage du fer et de l'acier*“ мы встрѣчаемся съ такимъ опредѣленіемъ прокатки:

„Le laminage est l'opération qui consiste à transformer en barre de section déterminée une masse de fer ou de l'acier brut de section supérieure à celle demandée. Il y a donc toujours diminution de section et allonger de la masse par passage de celle-ci d'une cannelure dans une autre“ т. е. прокатка является такого рода операцией, въ которой происходит трансформированіе желѣзной или стальной массы въ полосы требуемаго сѣченія путемъ перехода отъ сѣченія съ большими размѣрами къ сѣченію заранее назначеннаго профиля. Постоянное уменьшеніе сѣченія съ одновременнымъ удлиненіемъ металлической массы является результатомъ пропуска изъ одного калибра въ другой.

В. Г. Дрейманъ въ статьѣ о прокаткѣ желѣза и стали говорить: „прокатка есть одинъ изъ обрабатывающихъ процессовъ металла основывающихся на ковкости, и происходитъ при пропускѣ металла въ валки, которые вращаются въ разныя стороны. Въ общемъ прокатка выражается въ обжимкѣ и вытягиваніи металла“.

Это опредѣленіе болѣе близко къ истинѣ, но тоже не точно, потому что ограничиваетъ прокатку только оперированіемъ надъ металломъ, а также потому, что ставитъ условіемъ прокатки вращеніе валковъ.

Профессоръ Гавриленко говоритъ: „прокаткой называется процессъ, при помощи котораго металлическая болванка или слитокъ, проходя между двумя валками, сжимаясь въ поперечномъ сѣченіи (направленіи) и вытягиваясь въ длину, превращается въ листы или длинныя полосы съ постояннымъ по всей длинѣ поперечнымъ сѣченіемъ“.

Среди русскихъ техниковъ имя профессора Гавриленко пользуется большой популярностью, его сочиненія премируются (какъ напр., котлы), а потому отнесемъ съ должнымъ вниманіемъ и осмотрительностью къ его словамъ. Намъ все же кажется, что профессоръ Гавриленко глубоко не правъ въ своемъ опредѣленіи, отъ его словъ отдаетъ трафаретностью и шаблономъ. Въ самомъ дѣлѣ: почему ограничивать прокатку оперированіемъ только надъ металломъ, пропускаемымъ только между двумя валками, когда валковъ можетъ быть нѣсколько, почему прокатку характеризовать выходомъ продукта постоянного поперечнаго сѣченія по всей длинѣ, когда это сѣченіе можетъ быть самаго причудливаго характера въ различныхъ мѣстахъ поперечнаго сѣченія, какъ напр., багетное желѣзо, гдѣ на лицо періодическая повторяемость профиля; къ чему говорить о сжатіи въ поперечномъ направленіи, когда только одинъ размѣръ, какъ напр., у листового и полосового же-

лѣза уменьшается, а другой увеличивается. Всѣ эти вопросы остаются безъ отвѣта со стороны самаго опредѣленія.

Другіе болѣе осторожные авторы избѣгаютъ или хотятъ избѣжать трудности въ опредѣленіи понятія „прокатка“ и даютъ опредѣленіе характеру процесса работы при прокаткѣ. Такъ напр., профес. Фонъ-Гауэръ въ общеизвѣстномъ курсѣ „Die Hüttenwesens Maschinen“ выражается такъ: „Der Arbeitsprozess besteht darin, dass das glühende Eisenstück zwischen zwei durch eine Kraftmaschine entgegengesetzt gedrehten Walzen mehrmals durchgehen und dabei sein Querschnitt so lange geändert und verkleinert, bis die gewünschte Form erzielt ist“, т. е. рабочій процессъ при прокаткѣ состоитъ въ томъ, что раскаленный кусокъ желѣза пропускается нѣсколько разъ между двумя валками, вращающимися въ противоположныя стороны отъ двигателя, при чемъ у куска желѣза измѣняется поперечное сѣченіе, уменьшаясь до тѣхъ поръ, пока оно не приметъ желаемой формы.

Профессоръ Демуть въ сочиненіи по механической технологіи металловъ опредѣляетъ прокатку такимъ манеромъ: „Unter Walzen versteht man das Hindurchführen eines Werkstückes zwischen sich drehenden, walzenförmigen Rotationskörpern, wobei der Querschnitt des Werkstückes eine Veränderung erleidet; gewöhnlich wird der Querschnitt ähnlich wie bei Ziehen nach und nach verkleinert“... т. е. подъ прокаткой подразумѣвается пропускъ металлическаго куска между вращающимися вальцеобразными тѣлами (вращенія), когда поперечное сѣченіе куска испытываетъ измѣненіе; обычно это сѣченіе, какъ при волоченіи, постепенно уменьшается.

Профессоръ Ледебуръ подходитъ къ опредѣленію процесса прокатки такъ: „Man nennt Walzwerk eine Vorrichtung, bei welcher das Arbeitsstück zwischen zwei parallelen, sich in entgegengesetzter Richtung drehenden Walzen hindurchgeführt wird, dabei eine Querschnittsänderung erleidend“... т. е. прокатнымъ станомъ называютъ устройство, въ которомъ обрабатываемый кусокъ пропускается между двумя параллельными и вращающимися въ противоположномъ направленіи валками, при чемъ у пропускаемаго куска происходитъ измѣненіе поперечнаго сѣченія.

Неточность этого опредѣленія ясна на основаніи предыдущихъ соображеній, а потому комментаріи излишни.

Т. Беккертъ въ книгѣ „Leitfaden zur Eisenhüttenkunde“ пишетъ: „Walzwerke sind formgebende Vorrichtungen, welche ähnlich der Schmiedepressen mit ununterbrochenem Druck über die ganze Länge des Arbeitsstückes wirken“... т. е. вальцовочные станы представляютъ формоиз-

мѣняющія приспособленія, которыя, подобно ковочнымъ прессамъ, дѣйствуютъ по всей длинѣ обрабатываемаго куска непрерывнымъ давлениемъ.

Уподобленіе прокатки ковкѣ—мысль по нашему мнѣнію совершенно правильная, но только не подѣ прессами, а подѣ молотами, такъ какъ при захватываніи валками болванки проявляется не статическое воздѣйствіе, а динамическое.

Въ трудѣ профессора Бровота по калибровкѣ валковъ мы находимъ такое мѣсто: „Hier doch tritt an Stelle der ebenen Fläche, auf welcher die Bearbeitung stattfand, eine zweite Walze und zum Unterschiede von der ihren Ort verändernden Strassen — oder Teigwalzen wirken die beiden Blechwalzen derart, dass sie sich um die ihre festliegenden Mittelachsen und zwar in einander entgegengesetztem Sinne drehen und dass ihnen zur Bearbeitung übergebene Eisen zwischen sich hindurchziehen“, т. е. здѣсь вмѣсто поверхности, на которую передавалась обработка, находится другой валокъ, а въ отличіе отъ валковъ для выравниванія улицъ и для раскатыванія тѣста, какъ извѣстно, перемѣщающихся,—оба валка имѣютъ неподвижныя оси, вращаются въ противоположномъ направленіи, а обрабатываемое желѣзо пропускается между ними. Здѣсь опять я передаю отрывокъ въ переводѣ не текстуально, а лишь сохраняя самый смыслъ.

Мнѣ кажется, что Т. Беккертъ, работавшій подѣ руководствомъ профессора Бровота, глубже вникнулъ въ суть прокатки, чѣмъ его почтенный учитель.

Подобно Бровоту даетъ нѣсколько длинное объясненіе работы прокатнаго стана и докторъ Х. Веддингъ. Вотъ оно: „Ein Walzwerk besteht aus zwei in entgegengesetzter Richtung durch einen Motor umdreheten Cylindern zwischen welchen das durch die Reibung an den Walzenmänteln mitgenommene Eisen hindurchgeht, dabei seinen Querschnitt in der Richtung des Druckes d. h. also seine Höhe verkleinert und seine Länge entsprechend vermehrt“... Здѣсь мы встрѣчаемся уже съ знакомыми для насъ повтореніями исторіи о двухъ вращающихся валкахъ, увлекающихъ силой тренія на периферіи пропускаемый между ними кусокъ желѣза, длина котораго увеличивается, а высота уменьшается.

Въ этомъ же родѣ характеризуетъ прокатку и профессоръ Е. Фонъ-Гойеръ.

Серію опредѣленій прокатки можно было бы тянуть неопредѣленно долго, но едва ли въ этомъ представляется надобность. Уже изъ приведенныхъ многочисленныхъ, но однообразныхъ по существу, опредѣленій явствуетъ неполнота характеристики прокатки. Болѣе другихъ авторовъ даютъ тѣ, которые уподобляютъ прокатку ковкѣ. Изъ русскихъ авторовъ такого же взгляда придерживается, помнится мнѣ, и Р. Тонковъ въ своей диссертациі по прокатному дѣлу.

Такого же взгляда придерживаемся и мы.

Если подъ ковкой, согласно опредѣленію профессора Гавриленко, подразумѣвать такой способъ обработки, при которомъ металлъ (а лучше матеріалъ) деформируется подъ дѣйствіемъ сильнаго давленія, прилагаемаго въ различныхъ точкахъ обрабатываемаго предмета, — то опредѣленіе прокатки значительно упростится.

Подъ прокаткой мы подразумѣваемъ процессъ механическаго интегрированія дифференціальнойковки или просто интегральнуюковку. А прокатные станы въ такомъ случаѣ являются модификаціей элементарныхъ рычажныхъ молотовъ, дѣйствующихъ по всей периферіи или только на части периферіи сѣченія болванки.

Отсюда ясно, что процессъ прокатки можно разсматривать, исходя изъ теоріи рычажныхъ молотовъ.

Подобно ковкѣ, прокатка можетъ быть и холодной и горячей. Это первое раздѣленіе ея на разнородности (родовыя понятія). Затѣмъ каждая изъ этихъ разнородностей имѣетъ свои разновидности. Такъ профессоръ Кодронъ въ цитированномъ уже мною сочиненіи дѣлитъ прокатку на три вида: 1) продольную, 2) поперечную и 3) гелиссоидальную.

Каждая изъ этихъ разновидностей имѣетъ свои типы. Такъ въ продольной прокаткѣ тотъ же профессоръ Кодронъ различаетъ такіе типы: а) горизонтальная и вертикальная прокатка, в) профильная, с) штамповая, д) періодическая, е) безостановочная, ж) безконечная.

Такого же рода типы должны имѣть и поперечная, и гелиссоидальная прокатки.

У профессора Кодрона этого раздѣленія поперечной и гелиссоидальной прокатки нѣтъ, но, конечно, нельзя положительно сказать, что разъ въ техникѣ такихъ типовъ еще нѣтъ, то и не будетъ. Все дѣло только во времени и обстоятельствахъ. Сегодня еще нѣтъ, а завтра, смотришь, и появилось. Человѣческая изобрѣтательность неистощима, а законы природы всеильны. Науки — эти своды законовъ природы всегда помогутъ пытливому человѣку въ нуждѣ. Огюстъ Контъ говоритъ: „каждый разъ, когда мы совершаемъ какое-либо сильное воздѣйствіе, это

удается только благодаря тому, что наше знаніе законовъ природы позволяетъ намъ ввести въ число опредѣленныхъ обстоятельствъ, подъ вліяніемъ которыхъ происходитъ явленіе, нѣсколько новыхъ элементовъ, въ извѣстныхъ случаяхъ оказывающихся, несмотря на свою незначительность, достаточно сильными, чтобы измѣнить въ нашу пользу окончательный результатъ воздѣйствія всѣхъ вмѣстѣ взятыхъ причинъ. Однимъ словомъ, на наукѣ основано предвидѣніе, а на предвидѣніи — дѣйствіе“.

Вернемся, однако, къ прокаткѣ.

1) Подъ продольной прокаткой вообще профессоръ Кодронъ подразумеваетъ такую прокатку, когда металлическая болванка въ болѣе или менѣе обработанномъ видѣ закладывается между двумя валками, оси которыхъ параллельны или наклонны и вращаются въ противоположномъ направленіи.

Это опредѣленіе не только не ясно, но и не точно. Здѣсь говорится о расположеніи валковъ и ихъ движеніи, но отнюдь не о прокаткѣ, характеризующейся вытяжкой волоконъ въ опредѣленномъ направленіи. Чистымъ видомъ продольной прокатки будетъ такой, когда вытяжка волоконъ совпадаетъ по направленію съ направленіемъ послѣдней касательной къ захватывающей дугѣ валковъ, и такимъ образомъ, направление выхода обрабатываемаго предмета при горизонтальныхъ цилиндрическихъ валкахъ, оси которыхъ параллельны и образуютъ вертикальную плоскость, — такъ это направленіе будетъ горизонтальнымъ и прямолинейнымъ. Продольную прокатку называютъ также параллельной. Но и это опредѣленіе не совсѣмъ правильно. При чисто продольной прокаткѣ волокна матеріала будутъ и параллельны и одинаковой длины.

Разберемъ вкратцѣ отдѣльные типы продольной прокатки.

а) горизонтальная и вертикальная прокатка характеризуется тѣмъ, что поперечное уширеніе, въ направленіи, перпендикулярномъ къ вытяжкѣ, у идеально тонкаго слоя въ одномъ случаѣ распространяется въ горизонтальномъ направленіи, а въ другомъ въ вертикальномъ. Въ универсальныхъ станахъ поперечное уширеніе идетъ попеременно то въ одномъ направленіи, то въ другомъ. Замѣчено, что эти поперечныя уширенія прямо пропорціональны разности толщинъ болванки до прохода и послѣ прохода черезъ валки и обратнo пропорціональны тангенсу полусуммы центральныхъ угловъ въ градусахъ дугъ захвата, Или

$$B = 2 \left[(D - d) \cdot 0,01 \cotg \left(\frac{\alpha + \beta}{2} \right) \right]$$

Примѣромъ горизонтальной и вертикальной прокатки можетъ служить полосовое желѣзо, квадратное, балочное, угловое.

в) Профильная прокатка обладаетъ по Кодрону тѣмъ свойствомъ, что длина болванки не мѣняется, а измѣненію подвергается только форма поперечнаго сѣченія. Напр., гофрированное желѣзо, бандажи съ ребордами. Такимъ образомъ, здѣсь продольной вытяжки собственно нѣтъ, а фигурируетъ лишь перестановка частицъ въ поперечномъ сѣченіи.

с) Штамповая прокатка, а вѣрнѣе ковка всесторонняго характера примѣняется для получения предметовъ небольшихъ размѣровъ въ готовомъ видѣ. Въ этомъ случаѣ замкнутыя выемки въ валкахъ, какъ верхнемъ, такъ и нижнемъ, образуютъ при скоординированномъ движеніи валковъ замкнутую форму, вполне соответствующую наружному очертанію предмета. Процессъ вполне заслуживаетъ названія „круговой штамповки“. Верхній валокъ съ соответствующей выемкой играетъ роль матрицы, а нижній — матрицы. Такъ можно, напр., получать, лезвія ножей, гвозди, костыли, напильники и т. д. Число валковъ, конечно, можетъ быть и больше двухъ.

д) Безостановочная прокатка примѣняется для получения тонкихъ полосъ, проволоки, прутковаго желѣза. Здѣсь болванка непрерывно проходитъ между рядами валковъ и, при выходѣ изъ послѣдняго, принимаетъ окончательную форму.

е) Безконечная прокатка примѣняется для получения напр., колецъ, полотнищъ круглыхъ и безконечныхъ пилъ, дисковъ.

ж) Наконецъ, при періодической прокаткѣ обрабатываемая болванка, прежде чѣмъ получить окончательный видъ, проходитъ періодически нѣсколько разъ между валками.

2) Поперечная прокатка, катаніе, руляжъ, представляющая по Кодрону вторую разновидность, отличается тѣмъ, что вытягиваніе волоконъ происходитъ въ направленіи, перпендикулярномъ къ плоскости поперечнаго сѣченія валковъ или параллельно оси валковъ. Нагляднымъ примѣромъ этого рода прокатки является раскатываніе тѣста. Прокатывающимъ тѣламъ иногда придаютъ въ этомъ случаѣ видъ плоскостей, вѣрнѣе, тѣлъ съ плоской гранью, движущихся взадъ и впередъ, при чемъ плоскія грани могутъ быть расположены горизонтально, вертикально и наклонно. Послѣднему расположенію катающихъ плоскостей слѣдуетъ отдать предпочтеніе, потому что наклонныя силы облегчаютъ пропускъ болванки. Какъ примѣръ можно привести патентованный въ 1861 году способъ катанія вагонныхъ осей фран-

цуза Э. Мартена. Поперечной прокаткой получают болты, винты, капсулы снарядовъ съ овально коническими концами. Въ технической литературѣ нерѣдко встрѣчаются указанія, что катанье котельныхъ звеньевъ и трубъ, практикуемое въ настоящее время въ широкихъ размѣрахъ на заводѣ Рейсхольцъ въ Дюссельдорфѣ, а также на нѣкоторыхъ англійскихъ заводахъ, главнымъ образомъ морского вѣдомства, тоже производится по принципу поперечной прокатки. Но это безусловно не вѣрно. Именно въ полыхъ тѣлахъ принципъ поперечной прокатки утрачиваетъ почву подъ ногами.

3) Что касается гелиссоидальной, винтовой или наклонной прокатки, то она занимаетъ по Кодрону среднее мѣсто между продольной и поперечной. Гелиссоидальной прокаткой получаютъ трубы по способу Маннесмана, трубы Галловей, волнистыя трубы Фильда, Фокса и т. д.

Пока можно сказать, что доминирующее положеніе въ технику занимаетъ только прокатка продольная, а остальнымъ разновидностямъ приходится играть второстепенную роль, но, конечно, это явленіе временное. Война рождаетъ героевъ, а вѣдь жизнь непрерывная война, только болѣе осмысленнаго характера. Уже съ появленіемъ такихъ лицъ, какъ Маннесманъ и Эргардтъ, отношеніе техниковъ къ поперечной и гелиссоидальной прокаткѣ измѣнилось кореннымъ образомъ. Всѣмъ стало ясно, что изъ области предположеній, догадокъ и обобщеній проективнаго характера дѣло перешло въ горнило жизненныхъ испытаній и сразу заняло заслуженное, почетное мѣсто.

Классификація прокатки по Кодрону не пользуется большимъ распространеніемъ среди техниковъ. Обычно придерживаются дѣленія прокатки на крупносортную и мелкосортную. Насколько характерно такое дѣленіе прокатки для самой природы процесса, предоставляю судить читателю, а лично меня эта классификація удвлетворяетъ меньше всего. Изложивъ въ самыхъ общихъ чертахъ сущность разнородностей прокатки и ея типовъ, я оставилъ мѣсто для личнаго взгляда на вопросы прокатки. Съ этими взглядами я и намѣренъ подѣлиться въ дальнѣйшемъ съ кругомъ техниковъ.

Я не раздѣляю взглядовъ профессора Кодрона на прокатку всецѣло, но многое нахожу въ этихъ взглядахъ заслуживающимъ вниманія. Меньше всего меня удовлетворяетъ раздѣленіе прокатки на продольную, поперечную и гелиссоидальную. Во взглядахъ профессора Кодрона мало отведено мѣста выясненію вопроса о формоизмѣненіяхъ въ самомъ обрабатываемомъ матеріалѣ. А между тѣмъ у него имѣется много данныхъ для того, чтобы нарисовать картину въ полномъ

законченномъ видѣ. На это указываетъ косвеннымъ образомъ то, что онъ включилъ прокатку въ областьковки, что вполне соответствуетъ и ея историческому происхожденію и самой природѣ явленій при прокаткѣ. Однако положительнаго отвѣта, логическаго вывода изъ совершенно правильныхъ предпосылокъ онъ не даетъ. Эта неопредѣленность только вредитъ дѣлу и вноситъ путаницу въ понятія о прокаткѣ и прокатныхъ станахъ.

Лично мнѣ кажется, что проще и цѣлесообразнѣе въ вопросахъ прокатки исходить изъ основъ такой разработанной (конечно, только относительно) науки, какъ сопротивление матеріаловъ и на почвѣ этихъ основъ трактовать вопросы прокатки. Спѣшу, однако, оговориться, что опредѣленіе „разработанная“ я отношу главнымъ образомъ къ холодному сопротивленію матеріаловъ, но отнюдь не къ сопротивленію матеріаловъ, нагрѣтыхъ хотя бы до свѣтло-краснаго каленія. Сопротивленіе матеріаловъ нагрѣтыхъ пока еще область мало затронутая, и если въ отдѣльныхъ частяхъ и существуютъ отступленія отъ этого общаго положенія, то самые выводы не успѣли еще проникнуть въ жизненный обиходъ. Рядовому инженеру не специалисту эти выводы въ большинствѣ случаевъ не извѣстны. По моему мнѣнію, металлографіи, этому дивному цвѣтку современной техники, придется сыграть здѣсь выдающуюся роль. Если удастся получать шлифы нагрѣтыхъ матеріаловъ и подмѣтить, въ зависимости отъ измѣненія температуръ, закономерность измѣненія структуры матеріаловъ, въ родѣ такой напр. какъ переходъ аустенита въ сорбитъ, распаденія на перлитъ и т. д., то все ученіе о сопротивляемости нагрѣтыхъ матеріаловъ станетъ на чисто научную почву. Но это, конечно, дѣло будущаго.

Ближайшей позиціей нашей изберемъ трактованіе вопроса о холодной прокаткѣ съ точки зрѣнія сопротивления матеріаловъ.

Возьмемъ простѣйшій случай продольной прокатки, когда между двумя цилиндрическими валками катается напр. полосовое или квадратное желѣзо. Обратимъ пока вниманіе на поперечное сѣченіе болванки (рис. 2). Подъ вліяніемъ динамическаго нажатія валковъ на болванку, крайнія волокна стремятся къ сближенію. Но такъ какъ нажатія и сверху и снизу противоположны другъ другу, то волокна стремятся найти выходъ по линіи наименьшаго сопротивленія. Такихъ линій или направленій наименьшаго сопротивленія для движенія волоконъ, очевидно, будетъ три. Два изъ этихъ направленій идутъ по

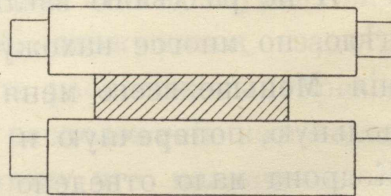


Рис. 2.

бокамъ, а третье въ направленіи перпендикулярномъ къ плоскости чертежа. Это третье направленіе является наиболѣе удобнымъ для выхода прокатываемой полосы, такъ какъ въ этомъ направленіи дѣйствуютъ и результирующая сила тренія на периферіи валковъ. Что касается двухъ боковыхъ симметричныхъ направленій, то для движенія волоконъ въ стороны, они должны изогнуться въ стороны какъ примѣрно показано на чер. 3. Такимъ образомъ, происходитъ уширеніе

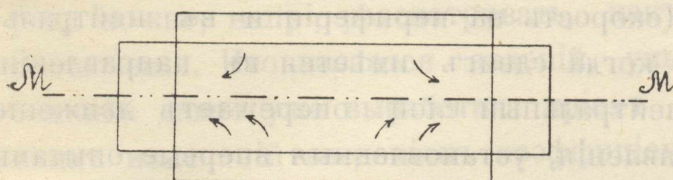


Рис. 3

болванки при проходѣ чрезъ валки. Можно представить себѣ, что по линіи М М образуется раздѣльная плоскость. Будемъ называть эту

плоскость условно нейтральной. Проекція этой плоскости на профильную плоскость изобразится прямой линіей. Это соображеніе и будетъ служить характеристикой для прокатки перваго рода.

Вторымъ родомъ прокатки будетъ тотъ, когда въ прокатываемомъ брускѣ образуется настоящій нейтральный слой. Представимъ себѣ, что мы катаемъ котельное звено, кольцо, бандажъ и т. д. Очевидно, что наружные слои будутъ растянуты, а внутренніе сжаты, и гдѣ то между этими крайними слоями будетъ лежать слой неизмѣнной длины, нейтральный слой. Въ кругломъ тѣлѣ (полумъ цилиндръ, трубѣ), изгибаемомъ по круговому цилиндру, въ каждомъ поперечномъ сѣченіи этотъ нейтральный слой будетъ окружностью плоскостного характера, если пренебречь уширеніемъ. Если діаметръ кругового цилиндра безконечно великъ, а уширеніемъ тоже пренебрегается, то получается прокатка перваго рода.

Второй родъ прокатки идеальнаго характера значить въ точности напоминаетъ явленіе изгиба.

Если первый родъ прокатки охарактеризовать, какъ „растягивающая“, то второму роду прокатки по справедливости слѣдуетъ придать названіе „изгибающей“.

Наконецъ, къ третьему роду прокатки отнесемъ такіа явленія, когда нейтральный слой или лучше ось cadaго волокна будетъ не плоскостного характера, а криволинейно-поверхностнаго.

Формулируя вкратцѣ дробленіе прокатки на разнородности, можно сказать, что прокатка перваго рода имѣетъ нейтральный слой въ волокнѣ линію перваго порядка; второй родъ прокатки нейтральный слой—линію второго порядка; а третій родъ нейтральный слой—линію третьяго и выше порядковъ.

Фактически во всѣхъ родахъ прокатки явленія формоизмѣненія волоконъ матеріала будутъ очень сложными. Такъ, напр., въ рѣстягивающей прокаткѣ на лицо будутъ не только растяженіе и изгибъ, но и сдвигъ. Происходитъ это изъ за того, что при такой прокаткѣ наблюдаются три періода: 1) когда сдвигается внѣшній слой болванки и отодвигается (отдавливается) назадъ средній слой (въ этотъ періодъ скорость на периферіи болванки больше скорости нейтральнаго слоя); 2) когда сдвига нѣтъ (скорость на периферіи и въ нейтральномъ слоѣ одна и та же); 3) когда сдвигъ имѣется въ направленіи, противоположномъ первому (нейтральный слой опережаетъ движеніе частицъ на периферіи). Эти явленія, установленныя впервые опытами Холленберга, объясняютъ отчасти уширеніе болванки въ началѣ и концѣ дуги захвата у валковъ. Въ нѣсколько искаженномъ изображеніи картина представляется въ такомъ видѣ (чер. 4).

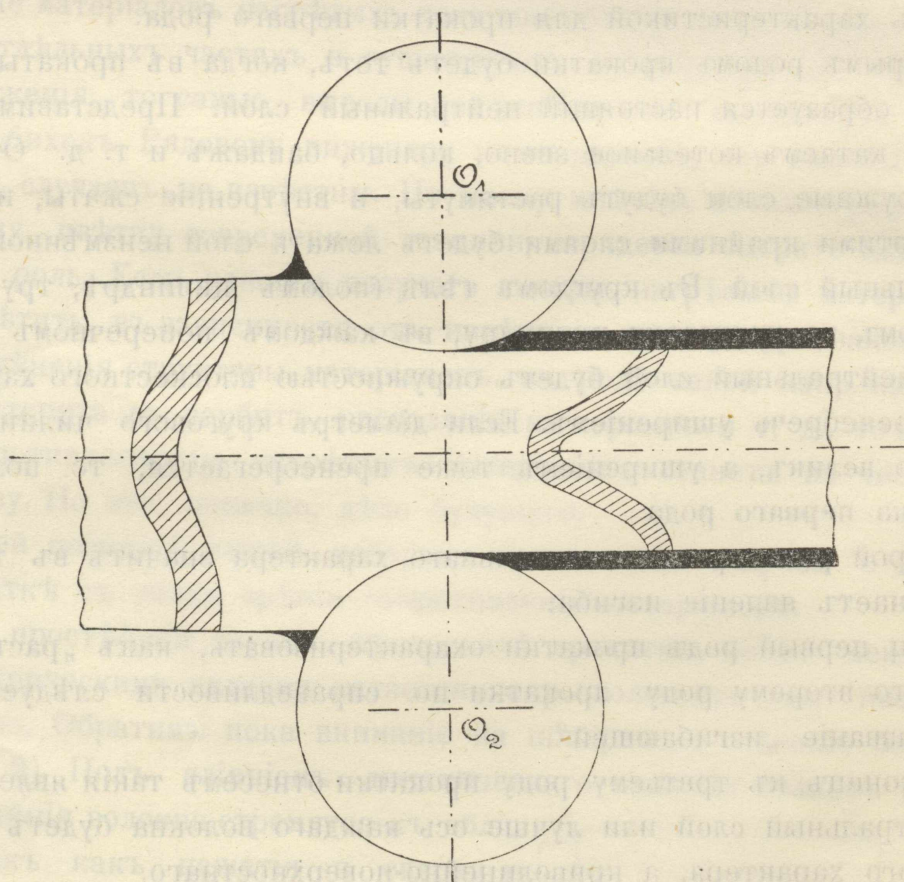


Рис. 4.

Относительно изгибающей прокатки съ образованіемъ нейтральнаго слоя, можно сказать нижеслѣдующее: здѣсь мы, конечно, не имѣемъ дѣла съ чистымъ изгибомъ. Тутъ фигурируетъ и растяженіе, и сжатіе, и изгибъ, и сдвигъ, т. е. явленіе деформации большой слож-

ности. Учесть эти явления во всей полнотѣ языкомъ математическаго анализа представляется чрезвычайно сложной задачей, да, пожалуй, и мало плодотворной. Дѣло въ томъ, что за исходную точку придется взять оперированіе надъ матеріаломъ идеальной структуры, т. е. повторить до извѣстной степени ошибки Клебша. Гораздо проще ввести понятіе о преобладающихъ деформацияхъ и, пренебрегая второстепенными, рѣшать задачу съ извѣстнымъ приближеніемъ. Прокатку второго рода можно, напр., разсматривать, какъ сочетаніе явленій изгиба и растяженія. Что касается явленій, умышленно не учитываемыхъ, то техника давно уже выработала приѣмъ обхода неполноты теоретическихъ изысканій введеніемъ коэффиціентовъ пропорціональности.

И, наконецъ, еще сложнѣе явленія деформаціи въ прокаткѣ третьяго рода. Несомнѣнно, что здѣсь мы имѣемъ проявленіе всѣхъ простѣйшихъ деформаций: растяженіе, сжатіе, изгибъ, крученіе и сдвигъ. Однѣмъ изъ этихъ деформаций будетъ отведено въ процессѣ доминирующее положеніе, другимъ болѣе скромное мѣсто.

Въ зависимости отъ характера формы получаемаго продукта можно съ достаточной для практики степенью точности распредѣлить роли между агентами деформаций, а слѣдовательно, и учесть явленіе языкомъ анализа.
