

PRINCÍPIOS DA LAMINAÇÃO DOS METAIS – PARTE IIB

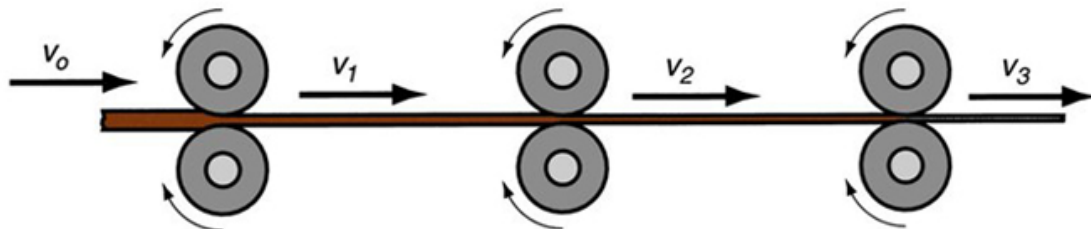
Metalurgista Industrial

julho 2019

www.metalurgistaindustrial.com.br

Laminadores em *tandem*

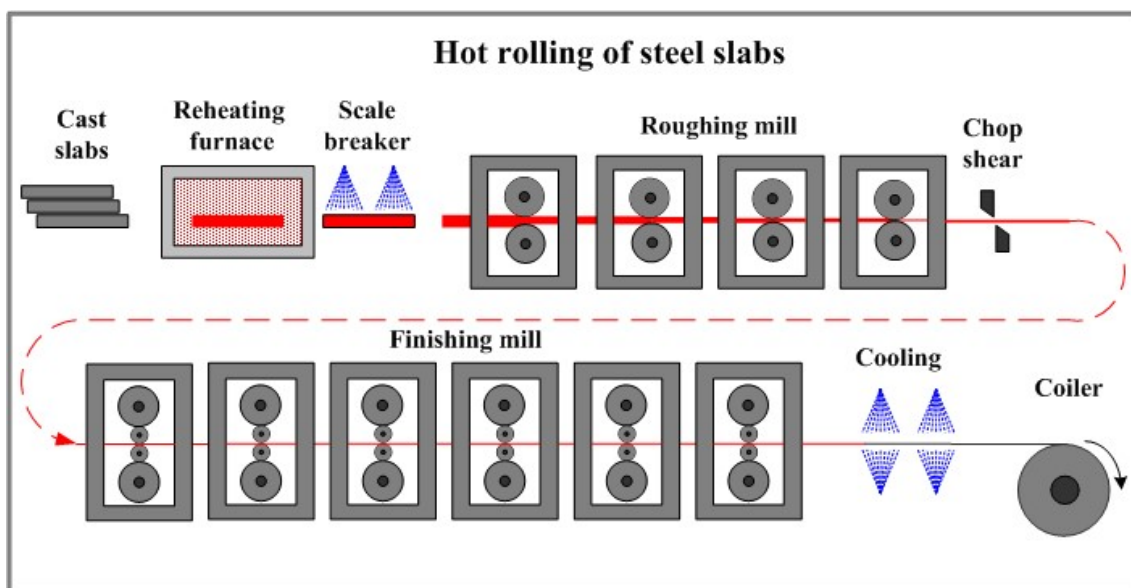
Os modernos trens de laminação são configurados em *tandem*, com as cadeiras dispostas em sequência nas quais as reduções ou os passes de laminação acontecem sucessivamente como exemplificado a seguir. A rotação dos cilindros das cadeiras a jusante é maior do que a das cadeiras precedentes de modo a acomodar o aumento de comprimento do metal em laminação, que passa continuamente de uma cadeira para outra. Essa configuração em *tandem* confere aos laminadores uma elevada produtividade.



Tandem Rolling Mill

Laminador de aços planos

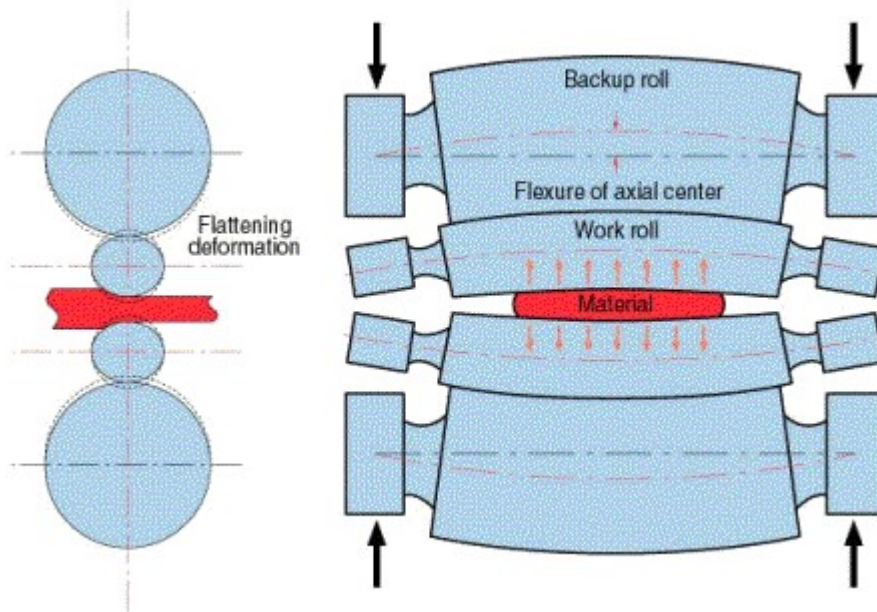
Os modernos trens de laminação a quente e a frio de altas capacidades de produção seguem a configuração em *tandem*. A figura em prosseguimento ilustra uma moderna configuração de um laminador de tiras a quente de aços. Uma instalação como essa tem capacidade de produção superior a 3Mt/ano de bobinas que podem pesar até 30t dependendo da capacidade dos equipamentos de manuseio e transporte. As bobinas produzidas detêm espessuras de até 1mm e larguras que ultrapassam 2.000mm.



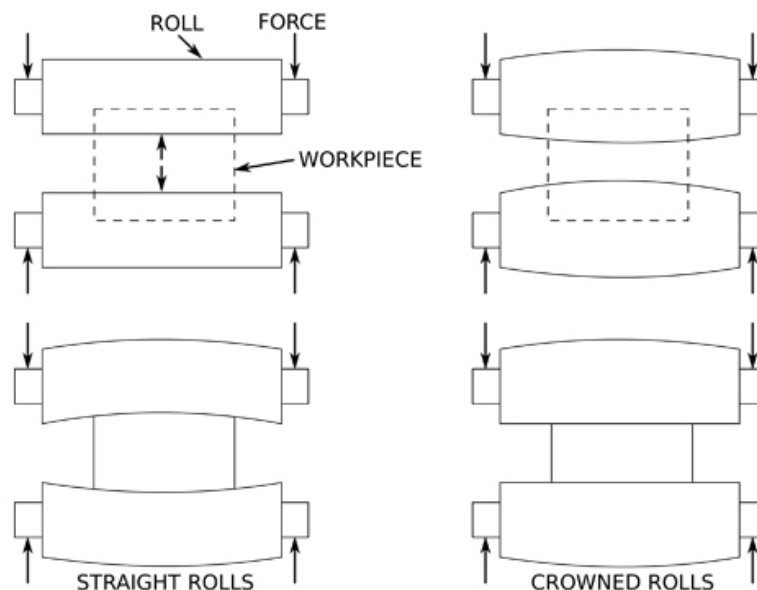
Perfil do produto laminado

Em laminação de produtos planos, planicidade é um atributo que caracteriza a extensão do desvio geométrico de um plano de referência. Os cilindros de laminação consistem em corpo, que executa o esforço de laminação; pescoço, que se apoia nos mancais das gaiolas e suporta o peso dos cilindros e os esforços de laminação, e trevo, onde ocorre o acoplamento com o eixo do motor de acionamento.

Quando o metal em laminação passa pelas cadeiras, ocorrem forças sobre os cilindros que provocam flexão nos mesmos, resultando em deformação do metal, com conseqüente comprometimento do perfil do produto laminado sob o aspecto de perda da condição de planicidade e, no extremo, o surgimento de outras ocorrências de defeitos como em prosseguimento exposto.



A deformação dos cilindros de trabalho resulta em uma distribuição não uniforme da espessura do material, de modo que esta é maior na parte central e menor nas extremidades. O método mais usual para superar essa contingência é o emprego de cilindros arqueados (*cambered*) em coroa (*crowned rolls*).



A ausência ou insuficiência de curvatura nos cilindros de trabalho, resultando em uma maior espessura central, implica em maior alongamento plástico das extremidades relativamente à parte central do metal, o que induz tensões internas de compressão nas extremidades e tensão na parte central (Figura A). As consequências dessa distribuição desuniforme de tensões podem ser a ocorrência de trincas transversais (Figura B), empenamento (Figura C) e enrugamento (ondulações) nas extremidades do material laminado (Figura D).

Se os cilindros estiverem curvados em excesso (*overcambered*), as extremidades do metal em laminação serão mais espessas do que a parte central, e o perfil das tensões internas será o oposto (Figura E), podendo provocar trincamento do metal nas extremidades (Figura F), rompimento (Figura G) e enrugamento na parte central (Figura H).

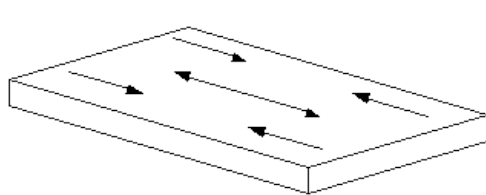


Figura A

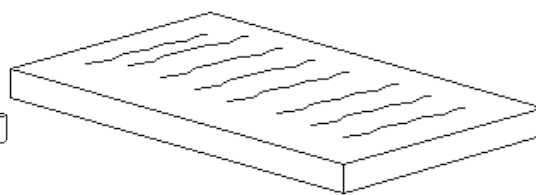


Figura B

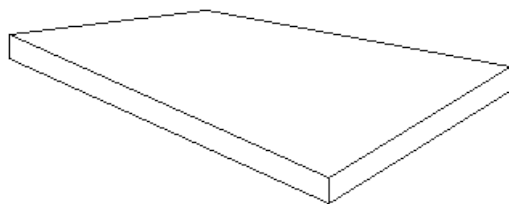


Figura C



Figura D

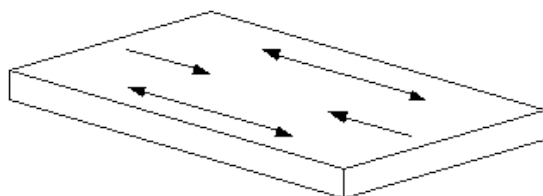


Figura E

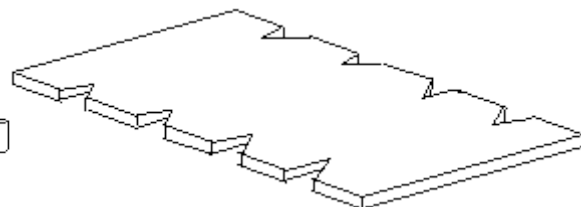


Figura F

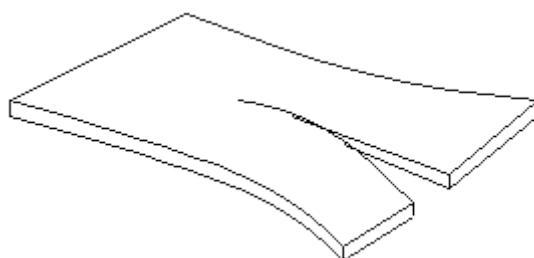


Figura G

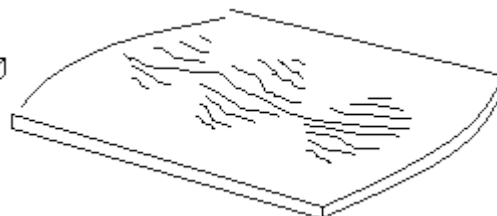


Figura H