

Análise metrológica de um cilindro de laminação utilizando uma máquina de medição de forma

Metrological analysis of a hot-rolling roll using roundness measuring machine

Douglas Mamoru Yamanaka¹, Manuel António Pires Castanho¹, Marcelo Tadao Saita¹

¹ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Brasil

E-mail: douglasy@ipt.br; manet@ipt.br; marcelots@ipt.br

Resumo: A avaliação metrológica das características geométricas de um cilindro de laminação foi o objetivo deste trabalho. Foram realizadas medidas de diâmetro, retitude, paralelismo entre geratrizes, circularidade e cilindricidade, a fim de servirem como parâmetros na análise tribológica referente ao desgaste do cilindro. Para a realização das medições foi utilizada uma máquina de medição de forma e os resultados apresentados constituem parte do trabalho final da análise de desgaste do cilindro, fabricado a partir de uma determinada liga em estudo.

Palavras-chave: cilindro; diâmetro; circularidade; desgaste; máquina de medição de forma.

Abstract: The metrological evaluation of geometrical characteristics of a hot rolling roll was the purpose of this work. Diameter, straightness, parallelism between generators, circularity and cylindricity measurements were carried out, in order to serve as parameters in tribological analysis for the wear in hot rolling. A roundness measuring machine was used and the results presented are part of the final work of the analysis of wear in the roll, manufactured from a particular alloy under study.

Keywords: cylinder; diameter; roundness; wear; roundness measuring machine.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação de características metrológicas dimensionais de peças e componentes tem papel relevante não só na inspeção e aprovação de um produto, como também na orientação e validação de um projeto de pesquisa. No estudo de materiais, particularmente no desenvolvimento de novas ligas, a caracterização de cilindros de

laminação por meio da medição do desgaste mostrou-se um dos pontos fundamentais para avaliar o desempenho de um cilindro de laminação fabricado a partir de uma nova liga pesquisada.

Análise de desgaste constitui um dos procedimentos realizados em tribologia. Dentre as metodologias de análise tribológica, a análise dimensional encontra-se entre uma das mais

utilizadas. Com a evolução tecnológica e fabricação de máquinas de medição cada vez mais sofisticadas, atualmente é possível realizar experimentos relacionados a processos de conformação e usinagem e realizar análises com níveis de detalhamentos cada vez maiores, trazendo contribuições significativas na qualidade do desenvolvimento de pesquisas.

A caracterização metrológica de superfícies cilíndricas compreendem diversos parâmetros (definidas nas ISO 12180-1 e -2, ISO / TS 12181-1 e -2, e ISO / TS 12780-1 e -2 [1-6]), e o equipamento que melhor caracteriza metrologicamente a avaliação destes é a máquina de medição de forma.

Neste trabalho foi utilizada uma máquina de forma para medição de diversos parâmetros e para avaliar o desgaste de cilindros de laminação, os quais foram submetidos a situações de operação de trabalho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas diferentes ligas ao longo de mais de dois anos de estudo, perfazendo diversos pares de cilindros de laminação testados e avaliados. Os resultados apresentados referem-se a um único cilindro em particular, escolhido aleatoriamente.

As medições foram realizadas com a máquina Talyrond 565. Para completa avaliação do cilindro [7], foram medidos os diâmetros, os desvios de circularidade, de retitude, de paralelismo entre geratrizes opostas e de cilindridade.

As medições foram conduzidas em três etapas. Foi realizada uma medição completa inicial, uma intermediária e uma final, perfazendo três ciclos completos. Entre cada ciclo, o cilindro sofreu esforços de laminação, com conseqüente desgaste de sua superfície. Para cada ciclo, inicialmente, o apalpador foi ajustado com um padrão de

circularidade e com um padrão de amplificação radial, ambos calibrados, de maneira a estabelecer as devidas referências da máquina.

Foram medidas 37 circunferências, com distância de 5 mm entre as mesmas. O comprimento entre a primeira e a última circunferência foi de 180 mm. A figura 1 apresenta a montagem do cilindro de laminação na máquina de forma.

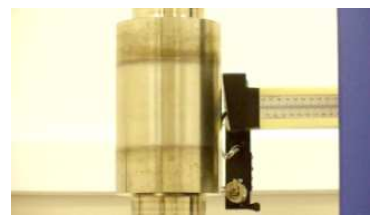


Figura 1: Medição do cilindro (apalpador posicionado para medição da 1ª circunferência).

Na medição dos desvios de retitudes, foram avaliados comprimentos amostrais de 180 mm com ângulos de 22,5° entre as medições, perfazendo um total de 16 geratrizes medidas.

O paralelismo foi calculado a partir das retas obtidas nas medições de retitude, sendo avaliadas geratrizes opostas de 180°, perfazendo um total de 8 análises de paralelismo. A cilindridade foi calculada pela composição das 37 circunferências obtidas durante a avaliação dos desvios de circularidades. Nas análises dos desvios de circularidade, de retitude, de paralelismo entre geratrizes opostas e de cilindridade, todos os valores foram ajustados pelo método dos mínimos quadrados (LSC), (LSL) [8].

3. RESULTADOS

Os resultados das medições dos diâmetros (1º ciclo), do desvio de circularidade (1º ciclo), da retitude (dos 3 ciclos), do paralelismo entre geratrizes opostas (dos 3 ciclos) e do desvio de cilindridade (dos 3 ciclos) do cilindro de laminação para a metodologia descrita neste trabalho são apresentados na seqüência.

Os resultados das medições dos diâmetros pertinentes ao ciclo inicial são mostrados na figura 2. Os valores de diâmetro são referentes à altura do cilindro de laminação, a partir da base.

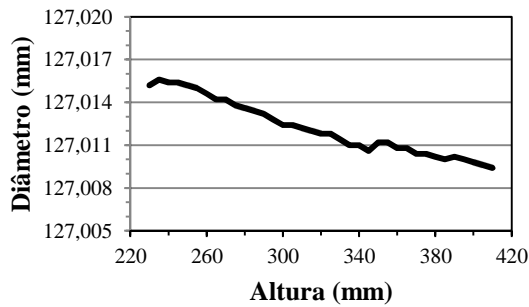


Figura 2: Diâmetros medidos em relação à altura do cilindro.

As figuras 3a a 3c mostram gráficos de retitude de uma geratriz relativos aos três ciclos, na posição angular 0°. Os valores de desvios de retitude referem-se à posição angular do cilindro.

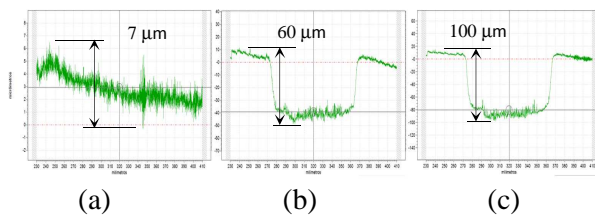


Figura 3: Gráficos de retitude: (a) 1º ciclo; (b) 2º ciclo. (c) 3º ciclo.

As figuras 4a a 4c apresentam gráficos de paralelismo dos três ciclos, das geratrizes a 0° e a 180°. Os desvios de paralelismo referem-se aos pares formados entre geratrizes opostas de 180°.

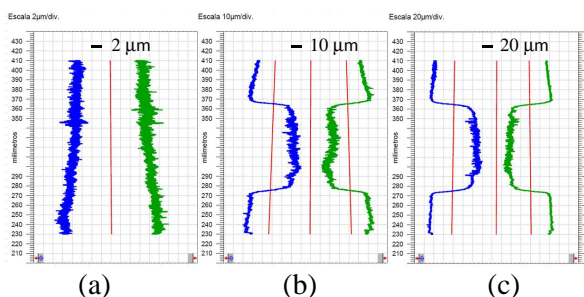


Figura 4: Gráficos de paralelismo: (a) 1º ciclo; (b) 2º ciclo. (c) 3º ciclo.

A figura 5 mostra um gráfico de circularidade do ciclo inicial na região central do cilindro.

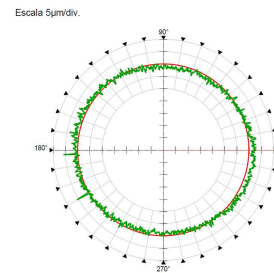


Figura 5: Gráfico de circularidade.

A partir das 37 circunferências obtidas em cada um dos 3 ciclos, foi utilizada a estratégia de cálculo da cilindricidade pela medição dos perfis de circularidade [2]. Os cilindros formados para cada ciclo podem ser observados nas figuras 6a a 6c.

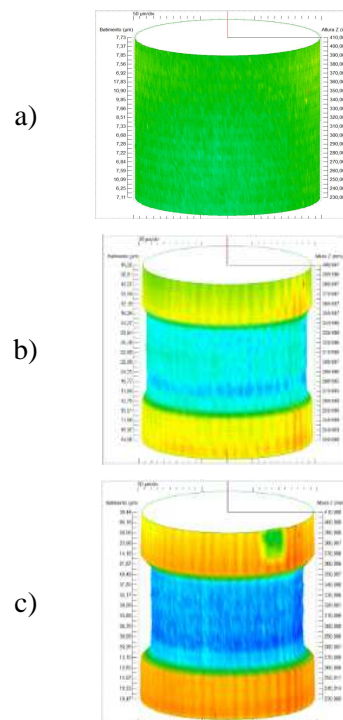


Figura 6: Cilindros virtuais formados: (a) 1º ciclo; (b) 2º ciclo. (c) 3º ciclo.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A tabela 1 abaixo apresenta os valores de cada um dos parâmetros geométricos medidos com as suas respectivas incertezas.

Tabela 1: Resultados.

Parâmetro	Ciclo (*)					
	1° U		2° U		3° U	
Circularidade	5	2	17	4	26	7
Retitude	7	3	58	5	105	6
Paralelismo	6	2	11	3	11	5
Cilindricidade	15	3	79	5	126	6

(*) Valores em μm .

A partir dos dados dos diâmetros calculados, um gráfico com perfil de geratrizes foi gerado (figura 7).

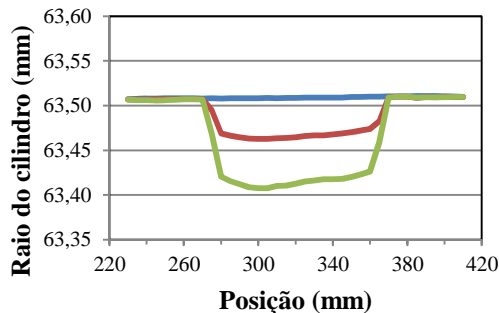


Figura 7: Raios medidos para cada ciclo.

A linha azul corresponde à primeira medição do cilindro; a vermelha, ao primeiro ciclo de desgaste, onde podemos estimar valores de perda de material na direção radial próximos a $(0,045 \pm 0,006)$ mm; finalmente, a linha verde corresponde ao 2° ciclo de desgaste, onde se denota um valor de $(0,052 \pm 0,008)$ mm de desgaste na direção do raio.

5. CONCLUSÃO

Foi possível realizarmos com sucesso medições e avaliações dimensionais e geométricas de um cilindro de laminação com o uso de uma máquina de medição de forma.

Os parâmetros medidos foram obtidos com alto grau de confiabilidade devido ao processo de calibração e ajuste da sensibilidade do apalpador da máquina.

A metodologia empregada neste trabalho e os resultados alcançados a partir desta caracterização metrológica foram fundamentais para a tomada de decisão das pesquisas relacionadas às ligas estudadas, juntamente com outros métodos de avaliação de desempenho dos cilindros, não sendo objeto do presente trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- [1] ISO 12180-1: 2003 (E) Geometrical product specifications (GPS) – Cylindricity - Part 1: Vocabulary and parameters of cylindrical form.
- [2] ISO 12180-2: 2003 (E) Geometrical product specifications (GPS) – Cylindricity - Part 2: Specification operators.
- [3] ISO / TS 12181-1: 2003 (E) Geometrical product specifications (GPS) – Roundness - Part 1: Vocabulary and parameters of roundness.
- [4] ISO / TS 12181-2: 2003 (E) Geometrical product specifications (GPS) – Roundness - Part 2: Specification operators.
- [5] ISO / TS 12780-1: 2003 (E) Geometrical product specifications (GPS) – Straightness - Part 1: Vocabulary and parameters of straightness.
- [6] ISO / TS 12780-2: 2003 (E) Geometrical product specifications (GPS) – Straightness - Part 2: Specification operators.
- [7] Extent of Calibration for Cylindrical Diameter Standards, EURAMET, Germany, 2011.
- [8] Richtlinie DKD-R 4-4, Kalibrieren von Normalen und Messgeräten für die Formmesstechnik, 2009.