

Relação entre a simbologia de especificação de tolerâncias geométricas e a verificação de produtos

Relation between the geometric tolerancing symbols and product verification

Ademir Linhares de Oliveira¹, **André Roberto de Sousa**^{1,2}

¹ GD&T Metrologia; ² Instituto Federal de Santa Catarina

E-mail: alo@gdtmetro.com

Resumo: O desenvolvimento de processos de verificação geométrica de produtos depende diretamente das tolerâncias especificadas. A norma ISO 1101 apresenta os principais símbolos e regras de indicação de tolerâncias geométricas. Neste trabalho, foram analisadas as relações entre a simbologia geométrica da ISO 1101 e as operações de verificação, com base no modelo de referência estabelecido na ISO 17450-1. O conhecimento das relações existentes entre a especificação e a verificação geométrica de produtos potencializa a geração de processos de verificação mais consistentes e com menores incertezas de medição.

Palavras-chave: verificação geométrica, tolerâncias geométricas, normalização ISO GPS, medição.

Abstract: The development of geometrical verification processes depends directly on the specified tolerances. ISO 1101 presents the main symbols and rules for indicating geometric tolerances. In this work, the relations between the geometric tolerance symbols of ISO 1101 and the verification operations were analyzed, based on the reference model established in ISO 17450-1. The knowledge of the relations between the specification and the geometric verification of products enhances the generation of more consistent verification processes and with lower measurement uncertainties.

Keywords: Geometrical verification, geometric tolerances, ISO GPS, measurement.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de uma linguagem padronizada de especificação geométrica de produtos é fundamental para uma comunicação eficaz das intenções de projeto às demais áreas produtivas. A falta de domínio no entendimento da linguagem de

especificação de tolerâncias geométricas pode levar à configuração de processos de medição inconsistentes e maiores incertezas de medição, resultando em aumento nas falhas de qualidade e no nível de incertezas de medição, afetando diretamente os aspectos qualidade e custo (1,2).

Neste trabalho, buscou-se relacionar a simbologia de especificação geométrica com a verificação, com o intuito de potencializar a geração de processos de verificação mais consistentes. O trabalho segue com uma descrição geral da especificação e verificação geométrica de produtos. No item 3, são apresentadas as relações obtidas entre os domínios da especificação e da verificação geométrica. No item 4, são discutidos os resultados obtidos e apresentadas as conclusões.

2. ESPECIFICAÇÃO E VERIFICAÇÃO GEOMÉTRICA DE PRODUTOS

A adoção da linguagem de especificação geométrica ISO GPS permite comunicar de forma mais exata e completa as intenções de projeto e reduzir ambiguidades de especificação (3). A norma ISO 1101 apresenta a maior parte dos símbolos e regras de indicação de tolerâncias geométricas.

2.1. A indicação de tolerâncias geométricas

As informações de especificação de uma tolerância geométrica podem ser distribuídas em um indicador de tolerância e em áreas adjacentes ao indicador, conforme mostrado na figura 1.

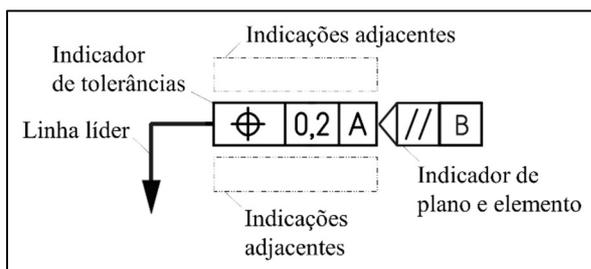


Figura 1. Indicação de tolerâncias geométricas.
Fonte: adaptado de ISO 1101 (4).

A especificação considera as intenções de projeto para a peça e característica em questão.

2.2. Modelo de referência para especificação e verificação geométrica de produtos

O modelo de referência é estabelecido pela ISO 17450-1 e tem como objetivo prover as bases para

uma linguagem ISO GPS não ambígua e completa, a ser empregada de forma integrada no ciclo de desenvolvimento de um produto (5). O elemento central no domínio da especificação é o modelo de modelo de casca (*skin model*), que incorpora variações esperadas ao modelo nominal (6). A implementação prática deste modelo considera os operadores e operações, detalhados a seguir.

2.3. Operações de especificação e verificação

Operadores consistem em conjuntos ordenados de operações. Operações são definidas a partir de expressões ou algoritmos visando resultar em parte de uma especificação (7). Operações de verificação são implementadas na forma de uma medição ou através de aparatos de medição. As principais operações ISO GPS de especificação e verificação são apresentadas na figura 2.

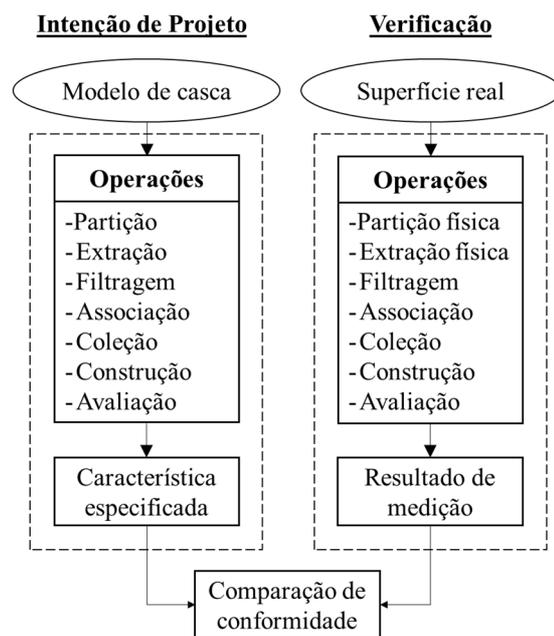


Figura 2. Operações de especificação e verificação. Fonte: adaptado da ISO 17450-1 (7).

A operação de partição delimita uma região pertencente a um elemento, a partes de um elemento ou a uma coleção de elementos. Regras detalhadas de partição ainda não estão definidas nas normas ISO GPS. A operação de extração visa

obter um número finito de pontos para um elemento geométrico não ideal, tanto integral como derivado. A filtragem é um caso especial da operação de extração, realizada para distinguir entre os domínios de aplicação (rugosidade, ondulação, forma e estrutura). Operadores padrão de filtragem ainda não estão definidos nas normas ISO GPS. A operação de associação visa ajustar elementos ideais sobre elementos não ideais, para as restrições especificadas. A operação de coleção permite uma consideração simultânea de dois ou mais elementos que exercem uma função comum. A operação de construção permite gerar elementos ideais a partir de outros elementos ideais, considerando as restrições. A operação de avaliação permite obter o valor de uma característica (verificação) ou o valor nominal e seus limites (especificação). A comparação de conformidade permite verificar se o resultado de medição está dentro dos limites especificados.

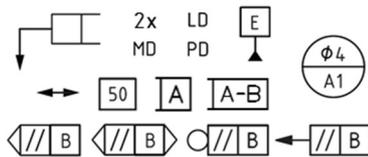
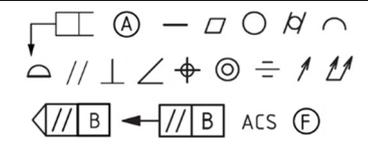
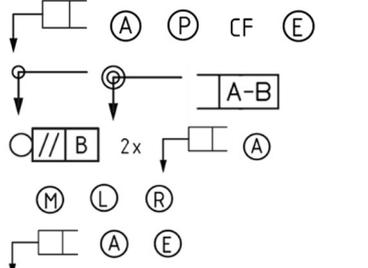
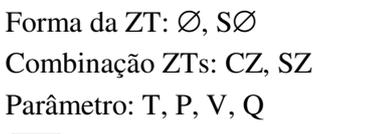
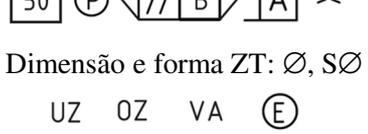
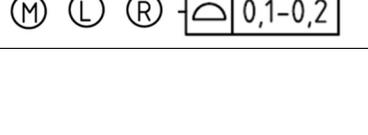
A seguir, são apresentadas as relações obtidas entre a simbologia de tolerâncias geométricas da ISO 1101 e as operações de verificação.

3. RELAÇÕES ENTRE A SIMBOLOGIA DE ESPECIFICAÇÃO GEOMÉTRICA E AS OPERAÇÕES DE VERIFICAÇÃO

Todos os símbolos da ISO 1101 foram analisados e classificados quanto à influência nas operações de verificação listadas na figura 2, considerando o modelo de referência da ISO 17450-1. As relações obtidas estão apresentadas na tabela 1. Várias especificações influenciam a operação de partição física, incluindo a linha líder, o número de elementos, as referências no indicador de tolerância e nos indicadores de plano e elemento, os indicadores de referência, os locais de referência (*datum targets*) (8). Indicações adjacentes podem ser utilizadas para limitar a partição em regiões específicas dos elementos, como através de diâmetro menor (LD), diâmetro maior (MD) e diâmetro primitivo (PD). O símbolo

“entre” e dimensões teoricamente exatas também podem ser utilizados para delimitar uma parte do elemento tolerado. Há outras formas de indicação de regiões restritas para elementos tolerados ou de referência disponíveis na normalização ISO GPS.

Tabela 1. Relações entre a simbologia ISO 1101 e as operações de verificação até a associação.

Indicações em desenho	Operação de verificação
	Partição física
	Extração física
<p>Tipos de filtro: G, S, SW, CW, RG, RS, OB, OH, OD, CB, CH, CD, AB, AH, AD, F, H Índices: comprimento de corte, frequência de corte, etc</p> <p>Tipo: (C) (G) (N) (T) (X) Método: C CE CI G GE GI N X Número referências: 0, 1, 2, 3</p> 	Filtragem
	Associação
	Coleção
	Construção
<p>Forma da ZT: Ø, SØ Combinação ZTs: CZ, SZ Parâmetro: T, P, V, Q</p> 	Avaliação do desvio geométrico
<p>Dimensão e forma ZT: Ø, SØ UZ OZ VA (E)</p> 	Avaliação de conformidade

A operação de extração física é influenciada pelo tipo de elemento extraído (se integral ou derivado) e pelo símbolo da característica geométrica. Elementos derivados podem ser indicados pelo alinhamento da linha líder com a linha de cota ou através de simbologia específica e requerem procedimentos especiais. A extração pode ser definida para quaisquer pontos, quaisquer linhas ou para toda a superfície do elemento tolerado, de acordo com o símbolo da característica geométrica. A extração dos pontos também é influenciada pelo plano de intersecção, pelo símbolo ACS e pelo elemento de direção. Por fim, as indicações de condição de estado livre ou de condições restritivas de sujeição impõem requisitos a considerar prévios à operação de extração (9). As indicações de filtro são informadas no segundo campo do indicador de tolerâncias. O tipo de filtro e seus índices afetam diretamente os dados. A operação de associação é influenciada pela indicação do tipo e do método de associação, número de referências, tipo de elemento tolerado (integral ou derivado), elemento tolerado projetado, elementos de contato (em referências) e pelo requisito de envelope (para tolerância dimensional). A operação de coleção é influenciada pela indicação de contorno total (*all around*), contorno global (*all over*), referências comuns, plano de coleção e do número de elementos. Adicionalmente, a indicação de elemento derivado requer a operação de coleção para obtenção do elemento extraído tolerado. A operação de construção é influenciada pela indicação de requisitos de máximo material, mínimo material e de reciprocidade, quando são utilizados o limite de condição virtual e o limite de condição resultante para fins de verificação. O requisito de envelope exerce papel semelhante, mas para tolerâncias dimensionais. A construção de elementos é necessária também quando indicado um elemento derivado como elemento tolerado, com o intuito de obter o elemento derivado extraído. A avaliação do desvio é afetada

pelos indicações relacionadas à forma, orientação, localização e combinação das zonas de tolerância, à definição do parâmetro de avaliação do desvio, às referências indicadas no indicador de tolerâncias e aos modificadores de referência que definem a classe de invariância (como o símbolo de restrição somente de orientação). A avaliação de conformidade é influenciada pela dimensão da zona de tolerância (valor da tolerância), forma da zona de tolerância, pelas indicações de zona de tolerância deslocada (*offset*), pela especificação de zona de tolerância variável ou com ângulo variável. Por fim, a operação de avaliação de conformidade também é influenciada pelos requisitos de máximo material, mínimo material, reciprocidade e de envelope.

4. CONCLUSÕES

A grande maioria dos símbolos de especificação geométrica de produtos presente na norma ISO 1101 está diretamente relacionado a uma operação de verificação. A vasta quantidade de símbolos disponíveis para especificação dificulta a identificação das operações de verificação. As relações obtidas potencializam a geração de processos de verificação mais consistentes frente às intenções de projeto, uma vez que vincula as operações de verificação à simbologia de especificação.

REFERÊNCIAS

1. Oliveira AL de. Proposta de um método para especificação de tolerâncias dimensionais de produção de peças plásticas injetadas. [Florianópolis]: Universidade Federal de Santa Catarina;
2. Oliveira AL de. Historical measurement data reuse and similarity analysis for dimensional production tolerancing of injected plastic parts. J Brazilian Soc Mech Sci Eng.
3. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14405-

- 2: Geometrical product specifications (GPS) — Dimensional tolerancing — Part 2: Dimensions other than linear sizes. 2011. 23 p.
4. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 1101: Geometrical product specifications (GPS) -- Geometrical tolerancing -- Tolerances of form, orientation, location and run-out. 2017. 145 p.
5. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 17450-1: Geometrical product specifications (GPS): General concepts: Part 1: Model for geometrical specification and verification. 2011. 63 p.
6. SCHLEICH B, ANWER N, MATHIEU L, WARTZACK S. Skin model shapes: A new paradigm shift for geometric variations modelling in mechanical engineering. *Comput AIDED Des.* 2014;50:1–15.
7. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 17450-2: Geometrical product specifications (GPS) -- General concepts -- Part 2: Basic tenets, specifications, operators, uncertainties and ambiguities. Geometrical product specifications (GPS): General concepts -- Part 2: Basic tenets, specifications, operators, uncertainties and ambiguities. 2012. 18 p.
8. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 5459: Geometrical product specifications (GPS) -- Geometrical tolerancing -- Datums and datum systems. Geometrical product specifications (GPS): Geometrical tolerancing: Datums and datum systems. 2011. 81 p.
9. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 10579 - Geometrical product specifications (GPS) -- Dimensioning and tolerancing -- Non-rigid parts. 2010. 6 p.