

METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE DEFEITOS EM PEÇAS FUNDIDAS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DO DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

Alex Sander Chaves da Silva ¹

Durval Uchoas Braga ²

Eduardo Vila Gonçalves Filho ³

Resumo

Este artigo aborda o uso do diagrama de causa e efeito para facilitar a identificação das possíveis causas de defeitos que podem ocorrer em peças fundidas. Um defeito é o resultado indesejável de um processo, logo temos que aprender a localiza-los. A metodologia utilizada neste trabalho foi: determinar os tipos de defeitos Segundo o Comitê Internacional de Fundição; identificar as possíveis causas de um defeito pela sua classificação e exibição; analisar o processo, examinando todos os fatores que podem causar um problema; identificar causas prováveis e fundamentais de um problema; explorar a cadeia de causas perguntando “porque?” até determinar a causa provável. No entanto o primeiro passo no entendimento de um defeito é a compreensão do relacionamento causa-efeito. Os defeitos de fundição são descritos pelo seu aspecto. Por isto uma descrição errada pode levar à causas erradas e como consequência uma solução demorada, em função de tentativas e erros. Para que isto não ocorra (tentativas e erros) temos que transformar todas as pessoas da empresa (do presidente aos operadores) em exímios solucionadores de problemas, ensinando-lhes um método para solução de problemas. Este artigo mostrará os passos para se implementar um diagrama de causa e efeito na resolução de defeitos de fundição.

Palavras-Chaves: diagrama de causa e efeito, defeitos e fundição.

¹ V Seminário de Fundição – ABM 2004 – 17 A 19 de maio de 2004 – Salvador – BA - Brasil ¹ Universidade Federal de São João Del Rei –UFSJ Departamento de Engenharia Mecânica São João Del Rei –MG – Brasil e-mail: achaves@ufsj.edu.br

² Universidade Federal de São João Del Rei –UFSJ Departamento de Engenharia Mecânica São João Del Rei –MG – Brasil e-mail: durval@ufsj.edu.br

³ Universidade de São Paulo - EESC-USP Departamento de Engenharia Mecânica São Carlos- SP – Brasil

1. Introdução

O processo de fundição em areia consiste de algumas etapas como por exemplo, fabricar moldes, preparar e fundir metais, vaziar o metal dentro do molde, limpar as peças e recuperar a areia para reutilização. Porém muitas vezes no decorrer destas etapas podem surgir defeitos na peça acabada e que normalmente são detectadas pelo controle de qualidade.

O controle de qualidade implica na prevenção e na solução de defeitos em peças fundidas. O programa de controle de qualidade é a garantia de que as peças com defeitos serão rejeitas em função de inspeções ao longo da linha de produção.

Uma das formas de garantir a qualidade de uma peça é o emprego da filosofia de Qualidade Total que levou, durante as últimas décadas, ao surgimento de programas de Gestão da Qualidade Total (TQM ou Total Quality Control). O TQM é um sistema ou conjunto de atividades cujo o objetivo é identificar e administrar as atividades necessárias para a maximização da competitividade de uma empresa através da: melhoria contínua da qualidade de seus produtos, serviços, processos e recursos humanos e, conseqüentemente, redução de custos.

Quando você necessita de etapas padrão para resolução reativa de problemas é o TQM quem as fornece. O TQM focou-se nas ferramentas mais efetivas e mais freqüentemente utilizadas, baseado na experiência da resolução de problemas reais em empresas reais. Elas são chamadas de 7 etapas do CQ (Controle de Qualidade), que na realidade são:

- Lista de verificação;
- Diagrama de Pareto;
- Diagrama de causa-e-efeito;
- Gráficos;
- Cartas de controle;
- Histograma;
- Diagrama de correlação.

Os defeitos de fundição podem ser definidos, de forma sintética, como qualquer variação observada com relação à qualidade especificada para uma peça fundida. Tais variações são geralmente referentes à sua precisão dimensional, seu aspecto superficial e a sua perfeição interna.

Com o objetivo de permitir a solução de um defeito de fundição, o primeiro passo será classifica-los, ou seja, usar a terminologia que os represente corretamente. Segundo o Comitê Internacional de Fundição, os defeitos podem ser classificados dentro de sete categorias. São elas:

- cavidade (vazio);
- peça incompleta;
- defeitos (superficiais);
- descontinuidades (material);
- projeções metálicas (saliências);
- dimensões incorretas (desvio de medida);
- inclusões ou anomalias de estrutura (defeito do material).

Uma vez classificados os defeitos dentro de uma das sete categorias mencionadas acima, será mais fácil encontrar as possíveis causas, bem como uma possível solução para esta causa com um custo mais baixo.

Existem muitas ferramentas que podem ajudar a equipe de fundição a organizar e listar os defeitos em peças fundidas. A escolha da ferramenta correta para cada problema não depende apenas de escolher as ferramentas apropriadas, mas também do conhecimento que sua equipe tem da ferramenta, e da experiência prévia de sua aplicação.

Logo para o caso de defeitos em peças fundidas o diagrama de causa-efeito é a ferramenta indicada para analisar o processo corretamente, avaliando a integração entre duas variáveis.

Existem muitas vezes demora na resolução de defeitos em peças fundidas, porque os defeitos podem ter várias causas, o que faz com que o problema seja classificado e exibido pelo seu aspecto, isto muitas vezes podem levar a conclusões erradas.

2. Marco Teórico

Com o objetivo de criar uma metodologia de identificação de defeitos em peças fundidas utilizou-se um ferramenta da qualidade (diagrama de causa e efeito) integrado a classificação de defeitos (Comitê).

2.1 Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa de causa-efeito é também chamado de diagrama espinha de peixe ou diagrama Ishikawa (devido ao seu criador), como o enunciado do problema representado como a cabeça do peixe. O diagrama de causa e efeito visa identificar prováveis causas do problema sintetizando no quadro na cabeça do peixe.

Usa-se um diagrama de causa e efeito para:

- identificar as possíveis causas de um problema pela sua classificação e exibição;
- analisar o processo atual, examinado todos os fatores potenciais que possam causar um problema em um processo em que as partes ocorrem;
- identificar causas prováveis e fundamentais de um problema.

Ele é usado quando se deseja identificar, explorar e ressaltar as causas possíveis de um problema, representando a relação entre o efeito (resultado) e suas possíveis causas.

A tabela 1 mostra as causas principais. Estas causas podem ser divididas em 6 categorias principais.

Depois de levantar as principais causas, deve-se selecionar as mais prováveis e analisá-las.

As etapas da construção do diagrama são:

- Definição do problema a ser analisado, onde ocorre, quando ocorre, sua extensão.
- Levantamento das causas do problema e outras que auxiliem sua organização, após a observação.
- Construção do diagrama de causa-efeito. O problema é colocado à direita de uma linha horizontal; as causas são colocadas nas pontas de ramos que partem da linha horizontal, conforme mostra figura1. Para cada causa questiona-se o porque de sua ocorrência e anotam-se as respostas em ramos menores que nascem dos ramos principais.
- Interpretação. Observação da repetição das causas, obtenção do consenso do grupo e coleta de dados para determinar a frequência relativa

das causas. A análise do diagrama destaca a causa mais importante do problema.

Tabela 1 – As principais causas

Método	Expõe itens relacionados aos procedimentos operacionais como clareza e simplicidade dos procedimentos, facilidade de execução, ausência de passos essenciais ao desempenho da função, etc.
Mão de obra	Trata os aspectos físicos e mentais dos trabalhadores envolvidos no problema, a pontualidade, o absenteísmo, cumprimento das regras e o comportamento em geral.
Máquina	Refere-se aos equipamentos quando a sua deterioração, manutenção, identificação, armazenagem, etc.
Meio Ambiente	Aspectos relativos ao ambiente de trabalho como iluminação, resíduos, temperatura, vibração, pó, nas oficinas, escritórios, corredores, passagens e áreas ligadas ao problema em estudo.
Material	Aborda itens como situação dos fornecedores, fornecimento interno, condições de armazenagem, etc.
Medida	Detalha itens relacionados à medição como condições do instrumento de medida, condições de medição, frequência, inspeção, etc.

2.2 Defeitos

Como foi mencionado anteriormente os defeitos podem ser representados dentro de sete categorias. Onde cada categoria tem a sua descrição. A tabela 2 mostra alguns exemplos das categorias de defeitos bem como a sua descrição (Segundo o Comitê Internacional de Fundição).

Para cada defeito que ocorre em peças fundidas existem diferentes tipos de causas. A tabela 2 ilustra alguns exemplos de causas.

Tabela 2 – Tipos de causas de defeitos em peças fundidas

Chupagem	Vazios ou cavidades de forma irregular de interior formado por cristais dendríticos. Geralmente se apresentam se apresentam próximo ao centro das seções maiores ou local da mudança de espessura das mesmas seções.
	Depressões encontradas na face superior das peças grossas e planas. Vazios abertos ou fechados que aparecem em cubos grandes das peças situadas na parte superior destas, e nas colunas e orelhas com a maior dimensão no sentido vertical.
Fendas	Em função de tensões internas nas peças enquanto esfriam
	Em função de tensões externas
Empenamento	Peça torcida não correspondendo ao modelo. Comum em grandes placas finas, cabeça de cilindros, etc.
Vazamento Interrompido	Devido a separação da peça num plano horizontal.

* para maiores detalhes sobre a tabela 2 ver [AMERICAN FOUNDRYMEN' SOCIETY, 1992].

2.3 Diagnostico de defeitos de peças fundidas através das informações do diagrama de causa-efeito

O diagrama de causa e efeito normalmente é realizado por gerentes em colaboração com empregados, o problema que está ferramenta é de difícil aprendizado e de aplicação correta. A aplicação só se dá muitas vezes depois de treinamento especializado, ou depois de estudar os livros de uma extensa bibliografia. Este artigo tem como objetivo auxiliar estes profissionais na resolução de um defeito de fundição através da ferramenta do diagrama de causa e efeito. A metodologia abaixo mostra como montar um diagrama de causa e efeito.

A metodologia para aplicar o diagrama de causa e efeito na solução de defeitos em peças fundidas:

- O primeiro passo é saber o problema “peça defeituosa”;
- Enuncie resumidamente as categorias de uma peça defeituosa segundo o comitê internacional de fundição, conforme tabela 3;
- Anote os principais fatores que podem estar causando o problema peça defeituosa;
- Procure as prováveis causas de uma peça defeituosa (segundo o comitê) ver tabela 2;
- Continue explorando a cadeia de causas perguntando “Porque?.... Porque?.... Porque?....” até determinar a causa fundamental ou, ao menos, uma causa provável;

Circule as causas mais prováveis – não sintomas.

3. Metodologia

A estrutura para o desenvolvimento do trabalho é composta de:

a) Utilização de uma ferramenta da qualidade (diagrama de causa e efeito) importante por oferecer uma possível identificação de prováveis causas do problema, tais como:

- sua classificação e exibição;
- todos os fatores potenciais que possam causar um problema em um processo em que partes ocorrem;
- a relação entre o efeito (resultado) e suas possíveis causas.

b) Uma base de conhecimento para cada categoria de defeito que contém um descrição - Segundo o Comitê Internacional de Fundição (pode ser montada).

c) Conscientização dos usuários da importância de se caracterizar corretamente um defeito (redução de custos).

3.1 Métodos

Seis métodos foram utilizados para implementar este trabalho:

3.1.1 Fase de coleta dos tipos de defeitos e suas causas correlacionadas

Existem diferentes tipos de defeitos que ocorrem em peças fundidas bem como diferentes tipos de causas. Por exemplo, um defeito do tipo fenda pode ser causado por tensões internas nas peças enquanto esfriam, ou devido a tensões externas. Foi necessário coletar os tipos de defeitos bem como as causas apresentados em artigos, Handbook, revistas, etc..

3.1.2 Desenvolvimento da classificação

Os defeitos foram classificados e agrupados dentro de sete categorias (conforme o Comitê Internacional de Fundição) como citado anteriormente. Para manter o padrão mundial de classificação defeitos (padronização – ISO).

3.1.3 Qualificação dos recursos humanos

As fases da solução de um defeito, começa com a formação de um grupo de pessoas das principais áreas de uma fundição. São elas formadas pelo pessoal do controle de areia, da modelação, da metalurgia e de sistemas de canais e massalotes.

3.1.4 Aspectos relevantes na solução de um defeito

A solução de um defeito depende:

- a) da análise e aspecto do defeito (por quem entende);
- b) da categoria que se enquadra o defeito (comitê);
- c) da descrição do defeito (checar);
- d) das possíveis causas técnicas e humanas;
- e) da constituição de uma equipe com os responsáveis de cada área, para um melhor diagnóstico.

3.1.5 Ferramentas da Qualidade que podem interagir na solução de um defeito

A Gestão da Qualidade Total (TQM) focou que as ferramentas mais efetivas, na resolução de problemas reais em empresas reais. São dispostas de 7 etapas do CQ (controle de qualidade, tais como: Lista de Verificação, Diagrama de Pareto, Diagrama de causa e efeito, Gráficos, Cartas de Controle, Histograma, Diagrama de correção). Sendo neste caso usado o diagrama de causa e efeito.

3.1.6 Estruturação dos procedimentos a serem adotados

Determinar os tipos de defeitos Segundo o Comitê Internacional de Fundição; identificar as possíveis causas de um defeito pela sua classificação e exibição; analisar o processo, examinando todos os fatores que podem causar um problema; identificar causas prováveis e fundamentais de um problema; explorar a cadeia de causas perguntando “porque?” até determinar a causa provável.

4. Um exemplo de aplicação seguindo a metodologia acima

Quando um fundido apresenta um defeito a metodologia abaixo poderá ser utilizada.

O primeiro passo é saber o porque as peças estão saindo defeituosas (categorias). A resposta pode ser (tabela 3):

- projeções metálicas (saliências);
- cavidade (vazio);
- descontinuidades (material);
- defeitos (superficiais);
- peça incompleta;
- dimensões incorretas (desvio de medida);
- inclusões ou anomalias de estrutura (defeito do material);

Assumindo que a resposta (tabela 3) seja “Descontinuidade (material)”, segundo passo é saber o porque da descontinuidade (material). As descontinuidade (material) podem ser de dois tipos:

- descontinuidade devida ao defeito de solda do fluxo de metal;

- descontinuidade em consequência de um defeito metalúrgico;

Novamente, assumindo (tabela 3) que a resposta seja “descontinuidade devida ao defeito de solda do fluxo de metal”, o terceiro passo é saber o porque descontinuidade devida ao defeito de solda do fluxo de metal. As descontinuidade devida ao defeito de solda do fluxo de metal podem ser do tipo:

- nas partes enchidas por último;
- falta de ligação entre duas partes da peça;
- falta de ligação nas proximidades de um chapelim, resfriador (quando usado);

Escolhendo descontinuidade devida ao defeito de solda do fluxo de metal por falta de ligação entre duas partes da peça como a causa provável, o quarto passo é saber o porque da descontinuidade devida ao defeito de solda do fluxo de metal por falta de ligação entre duas partes da peça. Este defeito pode ocorrer devido a:

- vazamento interrompido;

Com a resposta “vazamento interrompido” (tabela 2), o quinto passo é saber o porque do vazamento interrompido:

- vazamento interrompido (este defeito pode ser causado devido separação da peça num plano horizontal, ver tabela 2).

Tabela 3- Alguns exemplos de defeitos - categorias Segundo o Comitê Internacional de Fundição.

Projeções Metálicas – saliências	Projeções metálicas em forma de rebarba	Sem modificações das dimensões da peça
		Em forma de rebarba com modificações das dimensões da peça
	Projeções maciças	Inchamento da peça
		Projeções com superfície rugosa
Outras projeções metálicas: de superfície lisa		
Cavidade (vazios)	Cavidade com superfície lisa	Cavidades internas
	Cavidade	Cavidade na superfície da peça
Descontinuidades (material)	Devidas a esforços mecânicos	
	Devidas a tensões internas ou oposição à contração	
	Ruptura a frio	
	Ruptura a quente	
	Descontinuidade devidas ao defeito de solda do fluxo de metal	Nas partes enchidas por último
		Falta de ligação entre duas partes da peça
		Falta de ligação nas proximidades de um chapelim, resfriador (quando usados)
Descontinuidade em consequência de um defeito metalúrgico	Separação na junção dos grãos	

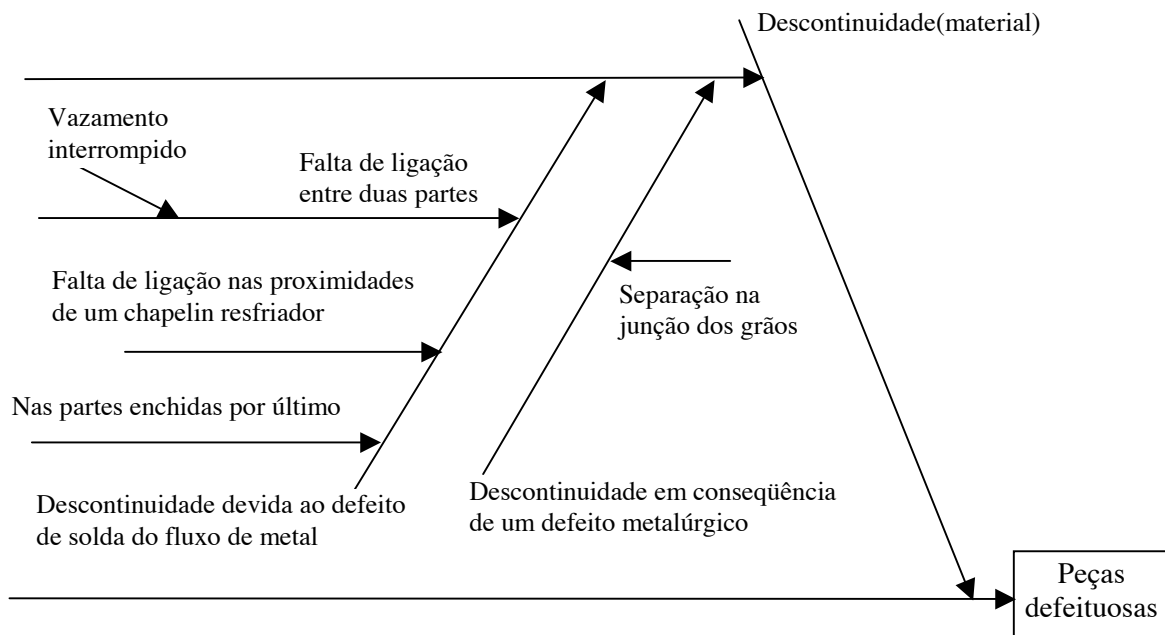
* para maiores detalhes sobre a tabela 3 ver Comitê Internacional de Fundição [AMERICAN FOUNDRYMEN' SOCIETY,1992].

A figura 1 ilustra os cinco passos para revelar a causa básica de uma peça defeituosa com relação as descontinuidades (material).

O diagrama de causa e efeito reflete qual a profundidade com que a equipe considerou as possíveis causas básicas do problema. Quando se faz uma consideração com poucas informações, se faz um diagrama com um ou dois níveis. Quando o nível de informações é satisfatório, gera-se um diagrama que mostra as causas básicas em mais de dois níveis (figura 1). Para alcançar esta meta é necessário questionar sempre “Porque esse resultado”. Para o exemplo, os cinco passos foram satisfatórios para determinar as respostas ao problema “peça defeituosa devido a descontinuidades (material), causado por vazamento interrompido”.

O exemplo apresentado acima auxiliará o técnico de fundição, o gerente de fundição ou o engenheiro de fundição a identificar as possíveis causas do (efeito) descontinuidades (material) (peça defeituosa), diminuindo assim o tempo para resolução do problema, bem como possíveis custos devido a tentativas e erros na solução de defeitos. Para os demais tipos de defeitos segue-se a mesma metodologia citada acima.

Figura 1 - Aplicação do diagrama de causa-efeito para solucionar o defeito descontinuidades (material).



6. Conclusões

Um diagrama de causa e efeito propicia:

- uma determinação de todas as causas de um problema;
- ajuda na identificação da verdadeira causa de um problema, e não apenas dos sintomas;
- uma ilustração da ação recíproca entre causas correlacionadas;
- a oportunidade de avançar para o passo seguinte e analisar informações sobre as causas correlacionadas;

- a oportunidade de avançar para o uso de outras ferramentas (diagrama de dispersão, mapeamento de processos, etc.).

Neste trabalho foi desenvolvido uma metodologia que utiliza o diagrama de causa-efeito para determinar as causas de possíveis defeitos encontrados em peças fundidas (qualquer). Esta metodologia utiliza a classificação (comitê internacional) que ajuda a rastrear as possíveis causas de um defeito encontrado em um fundido depois de pronto. Possibilitando assim um menor tempo para solucionar um problema encontrado. Além transformar todas as pessoas da empresa (do presidente aos operadores) em exímios solucionadores de problemas, ensinando-lhes um método para detecção e soluções de problemas.

Referências Bibliográficas

AMERICAN FOUNDRYMEN' SOCIETY; **Cast Metals Handbook** (1992).

Bibliografia

BRASSARD, M.; Qualidade – Ferramentas para uma Melhoria Contínua. São Paulo, Quality Mark. . (1985).

CAMPOS, V. F.; TQC Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). Belo Horizonte, **Fundação Christiano Ottoni**, Universidade Federal de Minas Gerais (1992).

CAMPOS, V. F.; Qualidade Total. Padronização de Empresas. Belo Horizonte: **Fundação Christiano Ottoni** (1994).

FEIGENBAUM, A. V. ;Total Quality Control. New York, **McGraw-Hill** (1998).

JURAN, J.M. ; GRYNA, F. M ;Quality Analysis and Planning. **3ª edição, McGraw-Hill** (1993).

LÓPEZ, E. A. A.; Diagramas de Pareto y de Ishikawa: su Aplicación en el Diagnóstico de las Causas por las Cuales los Alumnos se Equivocan en los Exámenes. Universidad de Monterrey. México, **2º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação**. Uberlândia MG de 18 a 21 de maio (2003).

METHODOLOGY TO DEFECTS IDENTIFICATION IN CASTE

PARTS USING CAUSE AND EFFECTS DIAGRAMS

Alex Sander Chaves da Silva ⁴

Durval Uchoas Braga ⁵

Eduardo Vila Gonçalves Filho ⁶

Abstract

This article presents the use of caste cause and effects diagrams to facilitate the identification of possible causes of defects that can occur in caste parts. A defect is a undesirable result of a process and we have to learn to locate it. This works use the folowing methodology: to determine the types of defect according to international Committee of Casting; to identify the possible causes of defect by its classification and xhibition; to analyze the process, examining all the factors that can cause a defect; to identify probable and basic causes of a defect; to explore chain of cases, asking “why?” until determines the probable cause. However, the firrst step to understand a defect is to understand the relationship cause-effect. The casting defects are described for its aspects. By this, a wrong description can lead to a wrong causes and, as consequence, a delayed solution as fuction of attempts and errors .To avoid it we have to do all people of the company into (from the president to the operators) problem solvers, teaching them the problems solution method. The article will show the steps to implement a cause and effects diagrams to solujtion of casting defects.

Keywords: cause and effect diagrans, defects and casting.

⁴ V CASTING SEMINAR – ABM 2004 – May 17 to 19, 2004 - Salvador - BA - Brazil ⁴ Universidade Federal de São João Del Rei – UFSJ Departamento de Engenharia Mecânica São João Del Rei –MG – Brasil e-mail: achaves@ufs.edu.br

⁵ Universidade Federal de São João Del Rei –UFSJ Departamento de Engenharia Mecânica São João Del Rei – MG – Brasil e-mail: durval@ufs.edu.br

⁶ Universidade de São Paulo - EESC-USP Departamento de Engenharia Mecânica São Carlos- SP – Brasil