

FUNDIDOS DE FERRO

Ligas Essenciais para o Futuro

Autor: Carl R. Loper Jr.

Título original do artigo: "Cast Irons – Essential Alloys for the Future"

Sobre o autor: o professor Carl Loper é professor aposentado da Universidade de Wisconsin-Madison e professor adjunto na Universidade de Wisconsin-Milwaukee.

Trabalho: apresentado no 65º Congresso Mundial de Fundição, na Coreia do Sul, em outubro de 2002 e publicado na revista Foundryman, Vol. 96, Parte 11, nov/2003.

Reprodução autorizada: revista Foundryman.

Tradução: Roberto Seabra da Costa.

Introdução

A indústria internacional de metais fundidos e, em particular, o setor de fundidos de ferro têm experimentado um decréscimo significativo nos embarques nos anos recentes, resultando no fechamento de um certo número de fundições. Essa situação não é devida ao impacto dos regulamentos governamentais relacionados com o ambiente, por si só, ou do lugar onde a fundição se encontra, além disso, está relacionada com uma combinação de eventos associados com grandes preocupações econômicas mundiais e políticas de comércio, bem como de uma mudança na demanda de fundidos de ferro em comparação com os fundidos de alumínio.

Toda a indústria de fundição de metais tem sido afetada por essas mudanças, fazendo surgir questões sobre a viabilidade e o futuro dos fundidos de metal, especialmente sobre os fundidos de ferro. A maior parte dessas preocupações tem vindo de pessoas que estão fora

da indústria de metais fundidos, enquanto que aqueles dentro da indústria reconhecem que a indústria de fundidos de metal está envolvida na competição global para a produção de fundidos de metal e contínuas melhorias no processo, produtividade, confiabilidade e qualidade são as forças motrizes para as nossas necessidades tecnológicas.

Essa necessidade de melhoria contínua não está restrita a uma resposta à competição global atual ou futura, nem ao fato de as condições de trabalho na fundição terem sofrido inovações que estão dirigidas para um melhor ambiente de trabalho e melhores benefícios para os empregados, mas devido ao fato de que a tecnologia e a produtividade melhoradas são essenciais para a sobrevivência da indústria. Essa diretiva se aplica não apenas à indústria de fundição, mas a todas as indústrias de manufatura e serve como uma diretriz para o desenvolvimento futuro.

A indústria de fundição de ferro tem enfrentado muitos desafios na

década recente; a necessidade de introduzir e melhorar a proteção ambiental através da fábrica, o desenvolvimento de processos que sejam "ambientalmente mais amigáveis", a melhoria de ambiente no local de trabalho, a resposta à competição – local, internacional e de outros metais fundidos – e aos processos de manufatura, a necessidade de atrair e desenvolver tecnologia dentro da indústria e a necessidade de preservar e treinar uma força de trabalho altamente motivada, entusiasmada e capaz para a indústria de fundidos de metal.

Sob essas condições, qual é o futuro que espera a indústria de fundidos de ferro? Se alguém saísse para pesquisar os grupos de profissionais e pesquisadores da maior parte das escolas de educação superior de metalurgia e de ciências de materiais através do mundo hoje, provavelmente encontraria poucos interessados na fundição de metais como um processo de manufatura ou em fundição de ferro como um

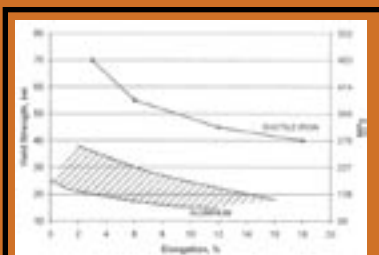


Fig. 1 Relação da resistência ao escoamento com a alongação para ligas típicas dos fundidos de alumínio e as propriedades mínimas conforme citadas na norma ASTM A536 para as quatro classes de ferros dúcteis

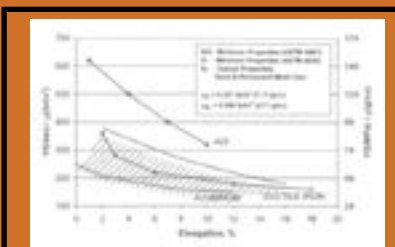


Fig. 2 Relação entre a resistência ao escoamento específica (YS/p) com a alongação para ligas típicas dos fundidos de alumínio, das classes dos ferros dúcteis da ASTM A536 e das classes dos ferros dúcteis austemperados da ASTM A897

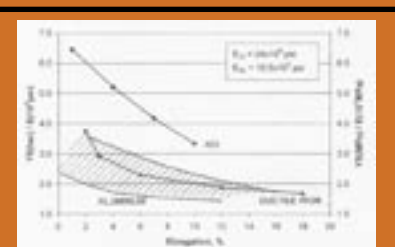


Fig.3 Modificação da resistência ao escoamento em relação à alongação para ligas típicas dos fundidos de alumínio, das classes dos ferros dúcteis da ASTM A536 e das classes dos ferros dúcteis austemperados da ASTM A897, considerando o efeito do Módulo de Young (YS/E)

material viável de engenharia.

Novos livros textos que pretendem apresentar aos estudantes de engenharia os processos de manufatura, a ciência dos materiais ou mesmo a seleção de materiais para engenheiros e projetistas, freqüentemente ignoram

a tecnologia de fundição de metais, particularmente os fundidos de ferro, ou limitam essas disciplinas a umas poucas páginas se tanto.

A ênfase está em outros processos de manufatura, bem menos complexos de se explicar do que os

fundidos de metal, mas que têm sido desenvolvidos mais recentemente e dessa forma estão mais modernos.

O processo de solidificação tomou o lugar da fundição de metal em muitos cursos, dando mais importância à ciência da solidificação

anote cód 6056

do que à prática da fundição de metal como uma ferramenta de engenharia. E os fundidos de ferro têm sido relegados ao lugar de um material velho, um material de engenharia em declínio, um material que tem sobrevivido à sua utilidade para a humanidade.

Certamente, a indústria de fundidos de metal nasceu há muito tempo e é uma das mais velhas das nossas indústrias de manufatura. Historiadores nos contam que os primeiros fundidos de metal foram feitos de ligas de cobre; altamente provável devido à presença do cobre nativo em certos depósitos e às temperaturas relativamente modestas que são requeridas para se derreter aquelas ligas.

Fundidos na Mesopotâmia e na China têm sido datados de 3500 a.C comprovando esse conceito. Mas foi muito tempo depois que o conceito

de reduzir o minério de ferro foi descoberto, e não antes de cerca de 600 a.C que nós datamos o primeiro fundido de ferro, um fundido de um tripé, pesando 275 quilos e produzido na China. Aquilo iniciou a história real da produção de fundidos de ferro, levando vantagem de disponibilidade, fundibilidade, usinabilidade e resistência à compressão oferecida pelos fundidos de ferro cinzento. Entretanto, quando olhamos para trás na história, os desenvolvimentos significativos feitos na produção da família dos fundidos de ferro são poucos. Os fundidos de ferro cinzento e os fundidos de ferro branco foram produzidos com relativamente poucas mudanças através dos anos. A descoberta por Reamur que os fundidos de ferro branco podiam ser descarbonetados e dessa forma provendo ductibilidade para certos fundidos de seções finas não ocorreu

até os anos de 1722. E não foi até os anos de 1830 que Seth Boyden, por acidente, descobriu que certas composições de fundidos de ferro branco poderiam ser tratadas a quente, de forma que o carboneto de ferro se decompunha para grafita, nascendo o ferro fundido maleável de núcleo preto (americano). Somente durante os anos da Segunda Grande Guerra foi realizado o controle da morfologia da grafita durante a solidificação, que possibilitou a descoberta do ferro dúctil por Morrogh e outros e Millis e outros; e apenas com essa descoberta tem havido avanços significativos na ciência e na produção dos fundidos de ferro. Portanto, a família dos fundidos de ferro tem uma história anciã, enquanto a família dos fundidos de ferro que nós conhecemos e usamos nas aplicações atuais de engenharia datam apenas a partir da metade do último século.

anote cód 6044

anote cód 6045

Desafios atuais

Quais são alguns dos desafios que a produção da família dos fundidos de ferro enfrenta hoje? Embora existam fundições através do mundo dependentes da “arte da fundição” para a sua operação continuada, as fábricas de fundidos de metal que estão na vanguarda, em uma posição de liderança, estão baseadas em sólidas filosofias de engenharia e administração. Com a economia global atual é preciso reconhecer que as modernas tecnologias que estão disponíveis para os líderes da indústria de fundidos de metal também estão disponíveis para qualquer empresa no mundo que tenha capital.

A vantagem óbvia da conversão de fundidos de ferro para o alumínio é que a densidade das ligas de alumínio é de aproximadamente um terço da dos fundidos de ferro e que, devido a essa diferença de massa, a indústria automotiva pode reduzir o consumo médio de combustível dos seus automóveis e caminhões leves. Além disso, sendo de peso leve e não magnético, as ligas de alumínio podem ser facilmente separadas de outros materiais na corrente das sucatas, facilitando a sua reciclagem e possibilitando muitas das vantagens da reciclagem, tão bem conhecidas com os metais ferrosos.

Entretanto, as ligas de alumínio nem sempre são o material ótimo da escolha, quando a densidade é considerada em conjunto com certas propriedades mecânicas. Por exemplo, a figura 1 compara valores de resistência ao escoamento e alongação típicos dos fundidos de alumínio, com os valores mínimos dos ferros dúcteis convencionais. Enquanto a amplitude dos valores de ductibilidade é similar, os valores de resistência ao escoamento a uma dada ductibilidade são significativamente

mais altos para os ferros dúcteis. Quando a densidade é fatorada dentro desta relação, a diferença entre essas duas famílias de ligas parece ser eliminada, embora os ferros dúcteis austemperados mantenham uma substancial proeminência, figura 2.

Em outras palavras, com base na resistência ao escoamento e massa equivalente, parece existir uma relação de compromisso entre as ligas fundidas de ferro dúctil e de alumínio. Comportamento similar é observado quando a rigidez, representada pelo módulo de elasticidade de Young, é considerada (figura 3). De tal forma que, enquanto algumas medidas de equivalência entre as ligas fundidas de alumínio e as ligas dúcteis de ferro convencionais, baseadas na diferença na densidade podem ser deduzidas de uma comparação da resistência ao escoamento e/ou módulo de elasticidade, esta equivalência também deve ser examinada para outras propriedades, particularmente as propriedades dinâmicas, como apresentadas nas figuras 4 e 5, quando as propriedades de fadiga são examinadas. Dados convencionais de fadiga, mostrados na figura 4, ilustram o fato de que os valores de resistência à fadiga dos ferros dúcteis convencionais são superiores aos das ligas de fundidos de alumínio A356, tanto para moldes em areia quanto para moldes permanentes, também é bom notar que o limite de resistência à fadiga é obtido nos ferros dúcteis, mas não nas ligas de alumínio. Quando a densidade é considerada, figura 5, essas diferenças podem ser diminuídas, mas isso não vale para a resistência à fadiga nos altos ciclos, que no caso dos ferros dúcteis são maiores do que as das ligas de alumínio A356, tanto para os moldes de areia quanto para os moldes permanentes; a significância do limite de resistência à

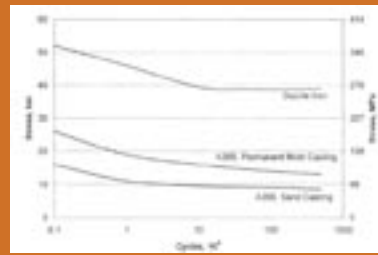


Fig. 4 Comparação das resistências à fadiga dos fundidos de alumínio da ASTM A356 em relação aos valores conservadores dos ferros dúcteis da classe 80.55-06

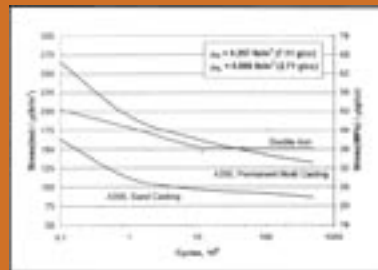


Fig. 5 Modificação da relação na resistência à fadiga entre os ferros dúcteis e os fundidos de alumínio da norma A356, considerando a resistência à fadiga específica (S/d)

anote cod 6048

anote cod 6049

fadiga se torna mais aparente durante a fadiga de altos ciclos. Desde que nos projetos críticos de engenharia precisem freqüentemente considerar o efeito das propriedades dinâmicas, o desenvolvimento de um limite de resistência à fadiga nos altos ciclos bem acima daqueles das ligas de fundidos de alumínio pode ser uma vantagem significativa para as aplicações dos ferros dúcteis. E essas vantagens são claramente evidentes, mesmo quando o efeito massa é considerado.

Similarmente, a resistência ao impacto ou a tenacidade à fratura desses materiais vão apresentar diferenças significativas, tanto para os valores reais quanto para as comparações que levem em conta a diferença entre as densidades. Exemplos específicos não vão ser apresentados aqui, mas a importância dessas propriedades, especialmente quando considerações

de segurança estão envolvidas, é óbvia.

Assim, decisões relativas à substituição de ligas de fundidos de alumínio por fundidos de ferro, baseadas na densidade, são decisões que requerem uma análise complexa de uma variedade de fatores de engenharia e não são facilmente apoiadas unicamente por considerações de peso. Outros parâmetros também devem ser incluídos nessas análises: à redução das propriedades mecânicas como função da temperatura; susceptibilidade e resistência à corrosão; custo do fundido, manufaturabilidade e o custo final do componente; compatibilidade do componente com os outros materiais de engenharia; consumo envolvido na manufatura, etc. Desafortunadamente, muitos desses fatos não têm sido considerados nos processos de tomada de decisão, que têm convertido ligas de fundidos de

ferro em ligas de alumínio, pois essas decisões têm muito freqüentemente de serem tomadas sem dados de entrada de engenharia apropriados.

Em geral, o baixo custo e a facilidade de manufatura dos fundidos de ferro têm sido responsáveis pelo rápido crescimento deste setor na indústria de fundidos de metal. Mais recentemente, entretanto, a indústria de fundição de ferro enfrenta a competição de "dentro" dos produtores de fundidos de alumínio por moldes de areia, permanente e a alta pressão. O crescimento da produção de fundidos de alumínio, bem como o redespertar da produção de fundidos de magnésio, é aparente tanto no aumento de volume de fundidos (a taxa de crescimento mais alta na indústria de metais fundidos) quanto em fundições e concorrência (por

exemplo, pesquisa de negócios, corte de custos, redução da margem de lucros etc.) dentro da indústria.

A família dos fundidos de ferro representa uma excepcional gama de ligas, possuindo diferenças em propriedades físicas e mecânicas, bem como na usinabilidade. Daí ser difícil selecionar um ferro fundido típico para discutir em comparação com materiais fundidos alternativos ou outros processos de manufatura. Dentro da família dos ferros fundidos, um crescimento constante tem sido alcançado na produção dos ferros dúcteis e esta será usada como um exemplo.

Um dos fatores que requer atenção é a energia total envolvida na manufatura. A produção de alumínio, primário e das ligas de alumínio é uma operação energia

intensiva e isso fica claro pela análise da localização das unidades de refino do alumínio, que estão localizadas próximas às fontes de energia elétrica barata. Entretanto, também é evidente que mesmo que o ponto de fusão, a temperatura necessária para manuseio e processamento do alumínio, seja consideravelmente mais baixo no alumínio do que no ferro, o calor de fusão do alumínio e das suas ligas é muito maior do que os usados nas ligas de ferro. Todos esses requisitos de energia para a manufatura, freqüentemente, não são considerados quando as decisões econômicas são tomadas para fazer a mudança de fundidos de ferro para fundidos de alumínio. Por exemplo, será que as economias alcançadas pela introdução de fundidos de alumínio em componentes de automóveis é

anote cód 6050

suficiente para justificar os custos de energia envolvidos na produção desses componentes?

O que as fundições de ferro podem fazer para retomar a parcela de mercado na produção de fundidos de automóveis (e outros)? Os principais problemas técnicos que a indústria de fundidos de ferro enfrenta podem ser resumidos como:

- A necessidade de reduzir o peso dos componentes fundidos de ferro sem perda de integridade do produto.
- A necessidade da produção de componentes fundidos de ferro de confiabilidade estrutural e metalúrgica melhoradas.
- A necessidade de reduzir os tempos de processamento na produção de fundidos
- A necessidade de ser mais pronto na resposta aos requisitos que vão as-

segurar qualidade e performance do fundido

Redução de peso nos fundidos de ferro

A redução de massa dos componentes fundidos de ferro é uma técnica óbvia para se opor ao movimento pró-fundidos de alumínio, mas ela requer atenção tanto na metalurgia quanto para a produção de moldes e machos. A sensibilidade da seção há muito é um problema na produção de fundidos de ferro, particularmente com o ferro cinzento, onde a taxa de resfriamento e solidificação pode resultar em carboneto ou grafita laminar super-resfriada. É bem conhecido que a melhoria da eficiência de inoculação, reduz mas não elimina a sensibilidade dos ferros cinzentos. A despeito desse fato, o ferro fundido cinzento

na classe de engenharia comercial está sendo produzido como fundido sem resfriador em seções tão finas como 3 milímetros com o controle da metalurgia através de um pré-tratamento adequado e inoculação e controle da taxa de resfriamento e solidificação, através de seleção criteriosa do molde, material do macho e pintura do molde. E, fundidos de parede fina de ferro cinzento têm sido produzidos com ferro fundido de alto carbono equivalente com um nível significativo de fósforo. Seções tão finas como 2 ou 3 milímetros são comumente encontradas na produção de blocos de motor, cabeçotes, válvulas etc. mas não estão espalhadas por uma grande área. É reconhecido nesses fundidos que a estrutura metalúrgica vai variar, assim que a taxa de resfriamento e solidificação do fundido varie.

anote cód 6051

anote cód 6052

Numa tentativa de reduzir a tendência ao coquilhamento, é reconhecido que a inoculação tardia vai resultar em aumento da nodularidade nos ferros de grafita compactada/vermicular, um fator nem sempre desejado, que podia ser tolerado em certos componentes. Desenvolvimentos tecnológicos na produção de ferros de grafita compactada/vermicular têm tornado possível a produção confiável e consistente de ligas de ferro, tendo uma estreita faixa de nodularidade nos níveis de baixa, média e alta nodularidade, assim os tornando mais atrativos ao engenheiro de projeto. Entretanto, a despeito da grande amplitude de técnicas disponíveis para a produção de ferros de grafita compactada/vermicular, as aplicações desses materiais ainda não foram tão apreciadas como o potencial que essas ligas merecem.

Os efeitos da sensibilidade da seção nos fundidos de ferros dúcteis, uma vez pensada ser similar à dos ferros cinzentos, têm sido grandemente reduzidos através do uso de procedimentos melhorados de inoculação particularmente a inoculação tardia, no jato ou no molde. Livre do coquilhamento, as estruturas de grafita nodular são factíveis comercialmente, para fundidos de seção fina, usando as tecnologias metalúrgicas existentes. Mas, devido à maior contagem de nódulos atingida nestas seções finas, a estrutura resultante na matriz é provavelmente mais ferrítica do que o resto do fundido, dessa forma mantendo uma diferença de propriedades mecânicas como função do tamanho da seção. Este efeito, logicamente, é reduzido em ligas onde é obtida uma matriz perlítica

através do uso dos promotores de perlita.

Em todos esses ferros, entretanto, a habilidade de controlar as dimensões na produção e composição de moldes e machos permanece sendo importantíssima. Quando se objetiva uma espessura de parede de 2 a 3 milímetros, uma tolerância de mais ou menos 0,5 milímetros nas dimensões da cavidade do molde é intolerável. E, dessa forma, o problema principal na produção de fundidos de seções finas parece ser a habilidade de produzir uma cavidade de molde consistente na qual se vaza uma liga de ferro metalurgicamente controlada.

Melhoria da confiabilidade das estruturas e metalurgia

O uso da relação entre a resistência de escoamento e a alongação,

anote cód 6053

ou entre a resistência à tração e a alongação, como mostrado na figura 1, é uma forma efetiva de demonstrar a melhoria de qualidade metalúrgica dos fundidos de ferro dúctil. Essa linha de base foi estabelecida usando os valores mínimos de resistência ao escoamento e alongação da ASTM A536, valores que geralmente representam microestruturas de ferros dúcteis que têm cerca de 2% a 3% de grafite vermicular. A localização de valores de resistência à tração abaixo destes dados representa microestruturas que contêm grafita não esférica, grafita vermicular, baixa contagem de nódulos e estruturas de carbonetos intercelulares etc. Valores de resistência à tração acima da curva representam valores mais altos de contagem de nódulos, grafitas esféricas bem formadas, distribuição uniforme de nódulos em geral, são

ferros de qualidade mais alta e que vão exibir uma maior resistência ao impacto e à fadiga. Tratamentos térmicos (com a exceção da remoção dos carbonetos) não resultam em uma mudança normal a essa linha de base, pois o tratamento térmico vai alterar a matriz da estrutura para afetar mudanças em valores grosso modo paralelos a essa linha de base. Deveria ser o objetivo das fundições de ferros dúcteis produzir ferros de alta qualidade, tão mais alto do que está linha de base quanto possível.

Talvez a mais significativa reclamação em relação aos fundidos de ferro é a da chupagem ou porosidade descoberta após a usinagem do fundido. A falta de um entendimento adequado da contração de solidificação e dos meios de acomodar essas mudanças de volume precisa ser resolvida para melhorar a quali-

dade do fundido. Sendo realista, algumas microchupagens podem ser esperadas em fundidos de ferros, mas chupagens ou porosidades visualmente evidentes, mesmo em superfícies usinadas, não devem ser toleradas na produção de fundidos de qualidade.

A utilização de técnicas de alimentação e/ou modelagens de solidificação sozinhas não são suficientes para assegurar a produção de um fundido satisfatório, mas requer um entendimento adequado da tecnologia de fundição de metal e da metalurgia de solidificação da liga específica.

Redução do tempo de processamento dos fundidos

Enquanto tem sido feito um progresso apreciável nos últimos anos para reduzir o tempo de processamento envolvido da desmoldagem do

componente fundido ao seu acabamento, técnicas apropriadas ainda não estão amplamente disponíveis para o produtor típico de fundidos. De novo, um dos obstáculos significativos para esse desenvolvimento é a necessidade de entender profundamente a tecnologia e a metalurgia do processo de fundição.

Garantia da qualidade e da performance do fundido

Nos anos recentes a indústria de metais fundidos tem sido solicitada a assumir um papel mais influente no projeto e na performance dos fundidos que ela produz, particularmente para a indústria automobilística. Enquanto isto possibilita à fundição ter dados de entrada de um projeto manufaturado de um dado componente, ela também coloca responsabilidade para assegurar

a qualidade e performance do fundido de maneira mais pesada sobre a fundição, do que sobre o projetista e o consumidor do componente. Para dar conta disto, a fundição precisa possuir talentos de engenharia e habilidades administrativas capazes de gerar fundidos confiáveis e seguros; e controles metalúrgicos e desenvolver tecnologia para testar em escala real a performance do componente. Desafios como esses estão bem conhecidos, no presente, nas fundições que produzem para o mercado automotivo e podem ser esperados a se desenvolver em outros mercados no futuro.

A indústria de fundidos de ferro está bem posicionada para atender a essas demandas, no qual a produção de fundidos de ferro requer um controle metalúrgico exato da solidificação, bem como do desenvolvimento do estado

sólido da microestrutura. No caso de virtualmente todos os outros metais fundidos, tal controle detalhado do processo de solidificação não é necessário, com a possível exceção, por exemplo, do refinamento do grão proeutético nas ligas de cobre e de alumínio e da modificação do eutético nas ligas de Al-Si. De acordo com isso, a fundição de ferro precisa estar intensamente envolvida em todos os estágios do processo de fundição; dos materiais da carga à fusão, do manuseio do metal fundido e vazamento; da alimentação e solidificação; etc.

Comentários

Mercados dos fundidos: durante os anos recentes uma série de mudanças têm sido experimentadas dentro

anote cód 6042

anote cód 6043

anote cód 6069

da indústria de fundição de ferro, algumas delas são únicas desse tipo de indústria, enquanto outras têm sido vivenciadas pela indústria de fundição em geral. Por exemplo, considere as seguintes matérias inter-relacionadas: mercados do fundido de ferro foram perdidos, a visão predominante do lado de fora da indústria é a de que a produção de fundidos de ferro é de “baixa tecnologia”, existe a necessidade de aumentar os talentos treinados tecnicamente na indústria etc.

O exemplo simples citado previamente considerou mercados perdidos para ligas de alumínio, atribuído ao desejo de atingir economias de peso na indústria de transporte. Entretanto, parece que a indústria de fundidos de ferro, particularmente a indústria de ferros dúcteis, somente pode concorrer ao produzir peças superiores, de pesos leves, alta qualidade e fundidos confiáveis para a indústria automotiva, usando a tecnologia existente, mas que pode precisar ser aplicada de forma mais inteligente. A vantagem principal das classes convencionais dos fundidos de ferro dúcteis sobre as ligas fundidas de alumínio, quando comparadas em uma base de massa

equivalente, será encontrada nas propriedades dinâmicas superiores (isto é, fadiga, resistência ao impacto etc.) dos ferros dúcteis. Entretanto, de forma a que acomode o menor módulo de elasticidade das ligas de alumínio, é necessário um significativo aumento da massa ou do tamanho do componente—um fator que pode ser significativo onde existirem problemas de espaço. Além disso, o potencial das classes dos ferros dúcteis austemperados permite uma vantagem apreciável nas considerações de projeto, tanto na resistência ao escoamento, quanto no módulo, que o engenheiro de projeto deveria levar em conta.

A perda de mercado experimentada pela indústria de fundidos de ferro pode não ter sido causada por fatores de engenharia tais como propriedades dos componentes, usinabilidade, custos etc., mas pode ser devido aos fatores externos e políticos, que não podem ser controlados pela indústria de metais fundidos.

Fundidos de ferro de “baixa tecnologia”: possivelmente devido à longa história dos fundidos de metal, possivelmente devido aos problemas

ambientais anteriores que a indústria enfrentou, possivelmente devido à produção de fundidos de qualidade marginal, possivelmente devido a um grupo de outros fatores, a indústria dos fundidos de metal é freqüentemente conhecida como sendo de “baixa tecnologia” por muitos envolvidos com a manufatura. Entretanto, a fundição progressista de metal de hoje em dia não apresenta essa imagem, tanto na aparência interna quanto na externa, ou na qualidade e confiabilidade dos componentes produzidos; um fato que precisa ser mais amplamente divulgado através da comunidade da manufatura, bem como em relação ao público em geral.

Talentos treinados tecnicamente: de grande preocupação é o treinamento e a disponibilidade de profissionais inteligentes na indústria de metais fundidos e a perda de exposição da produção de metais fundidos em escolas de educação superior. Através do mundo, as instituições de ensino têm diminuído a classificação da educação em fundidos de metal, em favor do que são considerados tópicos de engenharia avançada e princípios

científicos. A razão para essa alteração é encontrada numa mudança de ênfase na educação superior atual, onde a ação superior está crescentemente envolvida em pesquisa e onde fundos de pesquisa dirigem os interesses da faculdade.

Mais diretamente, os membros da faculdade dirigem pesquisas e desenvolvimentos em áreas onde recursos competitivos estão disponíveis; a faculdade então enfatiza as áreas de seus interesses de pesquisa nos cursos que são oferecidos. Uma falta de recursos de pesquisa e desenvolvimento para pesquisa de fundidos de metais na universidade se traduz em uma redução de exposição de estudantes com a tecnologia de metais fundidos e, além disso, a falta de pessoal treinado na tecnologia

de fundição de metais para educar a próxima geração.

De acordo com isso, as decisões de engenharia e manufatura, ligadas à fundição de metais, estão crescentemente sendo tomadas por pessoas que são freqüentemente menos conhecedoras da metalurgia de fundidos de metal, da ciência e engenharia da fundição de metais, das capacidades dos fundidos de metal e da produção de fundidos de metal. Esse é o desafio que a indústria de metais fundidos enfrenta hoje; um desafio que precisa ser enfrentado quando se considera os fundidos de ferro como sendo as ligas essenciais para o futuro.

Outra preocupação está ligada às necessidades que precisam ser contempladas com o efeito ambiental geral das decisões de manufatura. Por

exemplo, a transição de fundidos de ferro para os de alumínio na indústria automotiva foi o meio mais eficiente de atingir uma política de manufatura benigna ao meio ambiente? Todos os custos de energia e das economias potenciais de energia foram considerados na tomada de decisão de engenharia e manufatura? O efeito total no meio ambiente, com o processo de manufatura presente ou potencial, foi levado em conta nas tomadas de decisão da engenharia e manufatura? A flexibilidade de projeto e a complexidade do componente que é disponível na produção do fundido de ferro foi considerada? É sugerido que, se esses fatores forem considerados, as vantagens dos fundidos de ferro em aplicações de engenharia vai ficar prontamente aparente para todos os engenheiros. RSC 10082004

anote cód 6058

anote cód 6059