

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	04
2. JUSTIFICATIVA	05
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	05
3.1. Hastes para brocas	05
3.2. Extrusão	08
3.3. Cementação	09
3.4. Têmpera	09
4. METODOLOGIA	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
5.1. Inspeção visual	12
5.2. Preparação dos corpos de prova	13
5.3. Análise química	14
5.4. Metalografia	15
5.5. Análise de dureza	19
5.6. Microscopia eletrônica de varredura	20
6. CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é detentor de uma imensa quantidade de riquezas naturais: uma delas é o minério. O país se destaca principalmente na produção de ferro, bauxita (alumínio), ouro, etc. No Brasil, no século XVIII, as minas de ouro tiveram grande importância e as primeiras minas foram descobertas em Minas Gerais. Atualmente, a maior mina de ouro em operação localiza-se em Paracatu-MG, e é controlada por uma empresa canadense e o produto é exportado. O ouro geralmente está associado a minerais e a rochas, e para sua extração e beneficiamento faz-se necessário à utilização de equipamentos pesados. O Brasil, atualmente é o sétimo maior produtor mundial de ouro e este metal que é comercializado em forma de barras ou em jóias. Isto se deve a grandes investimentos em pesquisas e equipamentos com tecnologias avançadas que permitam a localização de novas jazidas e a exploração com máxima eficiência do potencial das minas.

A utilização de equipamentos adequados para cada tipo de material a ser extraído é de fundamental importância para obterem-se melhores resultados. Diariamente, novos equipamentos modernos e sofisticados, são introduzidos no mercado, e a escolha do melhor equipamento depende de muitas variáveis, como o custo, mão de obra especializada e, sobretudo conhecimento de suas propriedades limitadoras relacionadas às condições de serviços as quais esses equipamentos serão submetidos.

Em meio a diversos equipamentos utilizados na extração e exploração de minérios, o conjunto haste e broca têm vasta utilização e importância na busca de novas jazidas. As brocas são equipamentos empregados em trabalhos pesados sobre condições severas de solicitações mecânicas e abrasivas, são responsáveis pela perfuração de diversos tipos de solos, como por exemplo, rochosos. As hastes trabalham em conjunto com as brocas, possibilitando o alcance de grandes profundidades de perfuração, e também estão sujeitas a grandes solicitações mecânicas.

Alguns projetos de exploração de ouro no sudeste do Pará se dão em solos rochosos e os equipamentos de perfuração são bastante utilizados tanto na etapa de pesquisa e exploração quanto na etapa de extração. Com isso, há um grande consumo de hastes e brocas, por desgaste, e frequentemente esses materiais falham.

A falha nas hastes esta relacionada a atrasos na produção devido ao tempo necessário para a substituição destes equipamentos, elevação dos custos com aquisição de novos componentes. Desse modo, foram encaminhadas ao LED (Laboratório de Ensaio Destrutivos, da, FEMAT – Faculdade de Engenharia de Materiais, CAMPUS Marabá – nesta época coordenado pelo Prof. Msc. Márcio Corrêa), cinco hastes fraturadas, para serem realizadas as análises de falha, com objetivo de determinar as possíveis causas que as levaram a falhar.

Após análises como microdureza Vickers, metalografia, MEV, foi possível concluir que as hastes têm uma série de defeitos provenientes do processo de fabricação, como por exemplo, poros, inclusões, não linearidade nos tratamentos térmicos, entre outros. Estes tipos de defeitos geram pontos de concentrações de tensões de onde se iniciará a falha por fadiga, reduzindo assim o tempo de vida útil dessa ferramenta.

2. JUSTIFICATIVA

As hastes de brocas são ferramentas importantes no processo de exploração e extração de minério. A falha deste equipamento implica em atraso na produção devido o tempo necessário para a substituição destes equipamentos além da elevação de custos. A análise da falha permitirá a identificação dos motivos que as levaram a falhar, melhorando assim todo o processo, desde a aquisição da ferramenta aos métodos de aplicação.

Desse modo, este trabalho de pesquisa tem como objetivo caracterizar a composição química, macroestrutura (macrofractografia), microestrutura e dureza de cinco hastes pra brocas utilizadas na extração de minério de ouro, visando a determinação das possíveis causas que as levaram a falhar.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. HASTES PARA BROCAS

As hastes para brocas são equipamentos que possibilitam atingir grandes profundidades de perfuração. Seu material de fabricação pode ser de diferentes composições proporcionando propriedades mecânicas voltadas a diversos tipos de

solicitações. Quanto à geometria, tem seção transversal cilíndrica ou sextavada e são vazadas longitudinalmente.

Existem três tipos de hastes^[1], Figura 01, as hastes simples são conectadas diretamente com a broca e com o equipamento e são utilizadas para perfurações de pequenas profundidades, as pontas de hastes para extensão, com uma extremidade para acoplar ao equipamento e hastes de extensão que são adicionadas de acordo com a profundidade que se precisa atingir. Há também, os conectores para fazer a ligação entre as hastes.

FIGURA 01 – Tipos de haste. (a) haste simples; (b) ponta de haste para extensão; (c) extensão e (d) conector para haste.



Fonte: Global Product Catalogue - www.boartlongyear.com, 2009.

A Figura 02 mostra três tipos de brocas utilizadas na perfuração de solos.

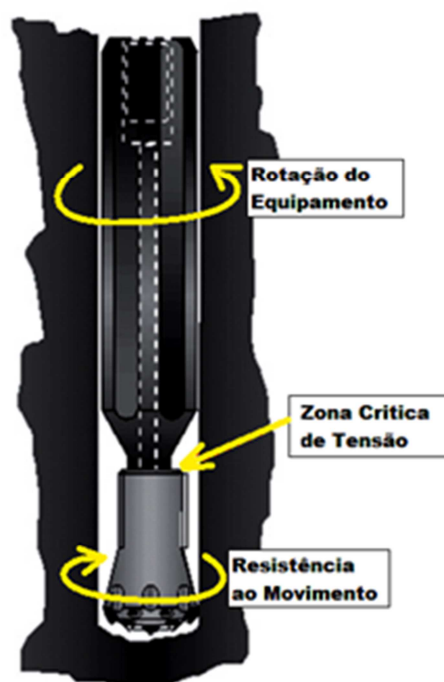
FIGURA 02 – Exemplo de Brocas.



Fonte: Global Product Catalogue - www.boartlongyear.com, 2009.

Esse tipo de ferramenta trabalha sob grandes solicitações mecânicas como, por exemplo, torção, além de flambagem. A torção nas hastes ocorre devido ao torque gerado pelo equipamento propulsor e a resistência ao movimento gerada pelo atrito entre a broca e o solo, Figura 03.

FIGURA 03 – solicitação na haste



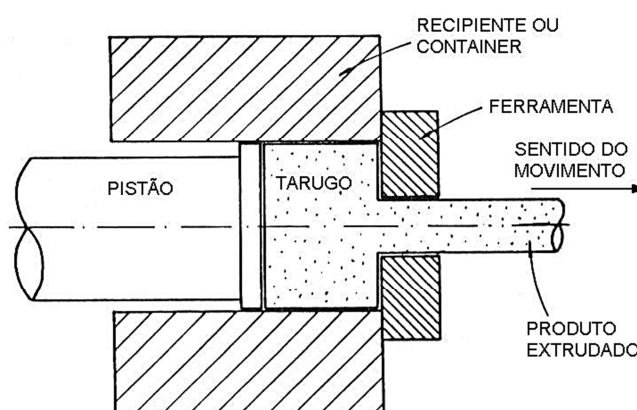
Fonte: (a) Global Product Catalogue - www.boartlongyear.com (b) Resistência dos Materiais – Universidade Fluminense (Editada), 2009

Uma zona de tensão crítica é gerada no encaixe haste-broca, isso se deve a redução da geometria da haste em formato de cone até o início da rosca e esta configuração gera concentração de tensão neste ponto. Todas as fraturas analisadas aconteceram neste ponto. Além disso, há fatores que contribuem diretamente para a falha, como por exemplo, folgas no encaixe, flambagem por excesso de carregamento, flexão por deslizamento, rotação excessiva, broca não apropriada ao solo ou etapa de perfuração, perfuração em vazios ou trincas entre rochas, etc.

3.2. EXTRUSÃO

Devido sua geometria complexa, as hastes são fabricadas pelo processo de extrusão, Fig. 04. Nesse processo de conformação mecânica, um bloco de metal é forçado a passar através do orifício de uma matriz sob alta pressão, de modo a provocar a redução de sua seção transversal^[2]. Por esse processo são fabricadas barras cilíndricas, tubos e materiais com formas de seção transversal irregular.

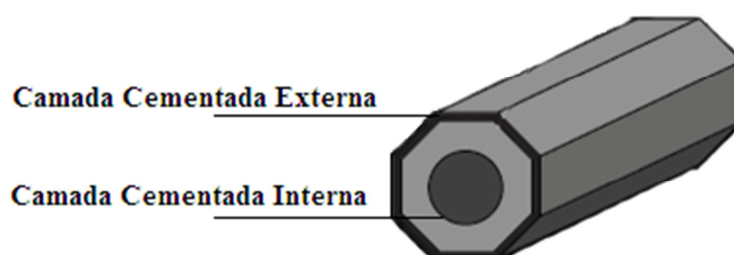
FIGURA 04 - Esquema do processo de extrusão.



Fonte: <http://www.ebah.com.br/extrusao-doc-a2399.html>, 2012

A BoartLongyear, uma das empresas fornecedoras de hastes para a Reinarda Mineração, após a etapa de conformação, submete as hastes ao tratamento termoquímico de cementação para obter uma superfície externa e interna com maior concentração de carbono que a região intermediária, Fig. 05. Em seguida, as extremidades das hastes são submetidas ao endurecimento superficial por indução objetivando maiores resistências a torção e à fadiga.

FIGURA 05 - Cementação.



Fonte: Global Product Catalogue - www.boartlongyear.com, 2009.

3.3. CEMENTAÇÃO

Consiste na difusão de carbono na superfície do componente, aquecido em temperaturas suficientes para produzir a microestrutura austenítica^[3,4]. A cementação é realizada somente em aços baixa-liga e pode ser classificada de acordo com o meio empregado para a difusão de carbono. Assim, tem-se: cementação gasosa, cementação líquida e cementação sólida. A cementação gasosa é o processo mais eficiente, pois permite cementar com maior uniformidade e com mais economia de energia. O gás utilizado é o propano ou gás natural para geração de carbono e é realizado em temperaturas entre 850 a 950°C. A cementação líquida utiliza sais fundidos ricos em carbono como, cloreto de sódio, cloreto de bário, cloreto de potássio e cianeto de sódio. Os sais se fundem a 650° C. O processo acontece com tempo de duração entre 1 a 30 horas e atinge-se camada entre 0,2 a 3,0 mm. Na cementação sólida a peça é colocada em caixa de aço contendo substâncias ricas em carbono como; carvão, coque, carbonato de cálcio, grafite em pó, etc. A temperatura de trabalho é entre 900 a 950° C e o tempo de permanência é de 1 a 30 h atingindo-se uma camada entre 0,2 a 3,0 mm.

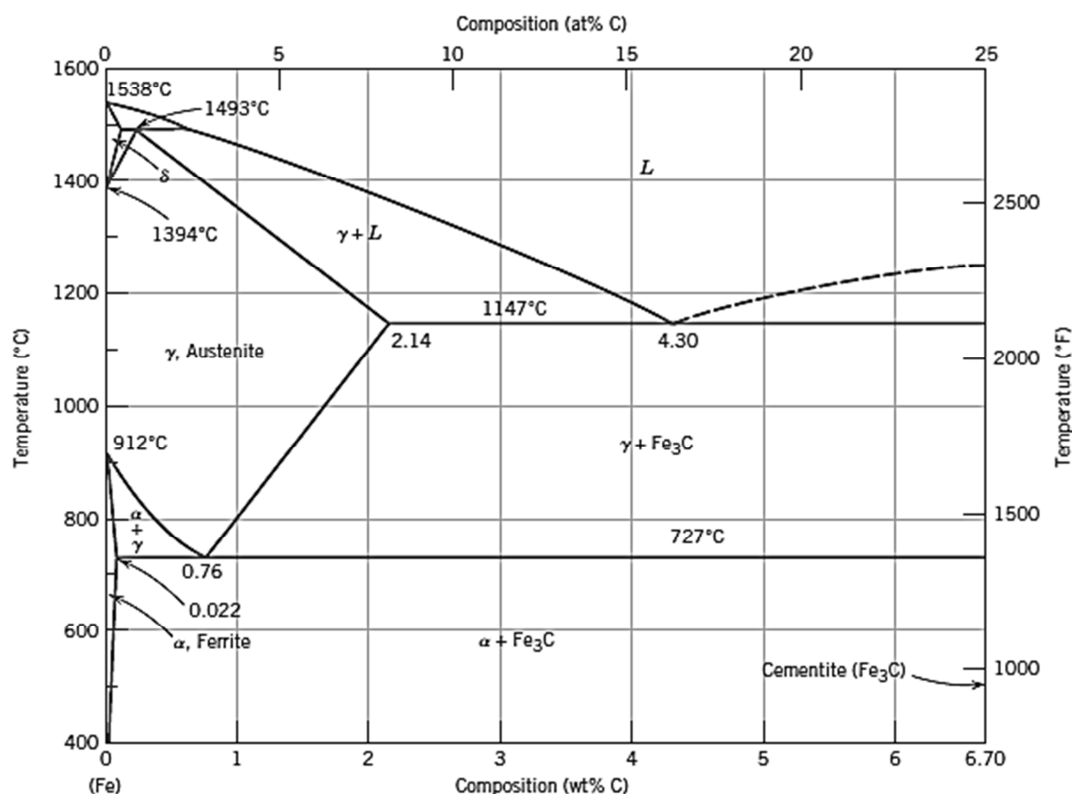
3.4. TÊMPERA

A têmpera caracteriza-se por um resfriamento rápido (alguns segundos) a partir de uma temperatura onde exista 100% de austenita, essa temperatura dependerá da composição do aço^[3,4], Fig. 06. A têmpera é habitualmente realizada utilizando água, salmoura ou óleo como meio de refrigeração. A têmpera pode ser total ou superficial.

A têmpera superficial produz regiões endurecidas na superfície do componente (de microestrutura martensítica) de elevada dureza e resistência ao desgaste, sem alterar a microestrutura do núcleo.

Têmpera por indução: é realizado por meio de indução eletromagnética. O tempo de aquecimento é da ordem de segundos. O resfriamento é realizado com água, salmoura ou óleo por meio de spray ou imersão.

FIGURA 06 – Diagrama FeC.



Fonte: Materials science and engineering : an introduction / William D. Callister, Jr.—7th ed.p. cm, 2007.

Se uma corrente alternada passa por uma bobina, estabelece-se nesta um campo magnético alternado, o qual induz um potencial elétrico na peça a ser aquecida. Como a peça é um circuito fechado, a tensão induzida provoca um fluxo de corrente. A resistência à passagem desta corrente provoca o aquecimento da região a ser temperada, Figura 07.

Camadas temperadas com profundidade entre 0,3 a 1,5 mm (dureza entre 58 e 62 HRC) oferecem boa resistência ao desgaste em componentes submetidos a tensões leves e moderadas. Nestes casos, a profundidade de austenitização pode ser controlada empregando-se frequências entre 10 kHz e 2 MHz, densidades de potência na bobina entre 800 e 8000 W/cm² e tempos de aquecimento inferiores a 10s.

O spray para realização do resfriamento, Figura 08, é um elemento crítico do processo de têmpera. O resfriamento pode ser por imersão, na qual a peça aquecida é imersa no líquido de têmpera ou do tipo spray (“chuveiro”) na qual somente a região aquecida é resfriada. Um spray fraco ou incorreto poderá resultar em dureza irregular e o auto revenimento poderá causar uma camada temperada com baixa

dureza. O tipo de spray e o tipo de fluido de resfriamento, a ser utilizado, dependem do tipo e da composição química do aço, da profundidade especificada para a camada, da forma construtiva da peça (geometria e dimensões). A água é o fluido mais utilizado neste tipo de tratamento, pois em situações particulares, a água também pode ser utilizada para resfriamento do indutor. Utiliza – se o resfriamento com polímero ou óleo, quando o resfriamento rápido com água poderá causar trincas ou distorção na peça.

Quando uma peça é temperada por indução, com processo estático ou progressivo, em alguns casos é possível reter energia térmica suficiente no núcleo da peça temperada superficialmente, para realizar o auto revenimento da camada temperada, se necessário. O controle deste tipo de processo exige alto grau de especialização, bem como, total controle das operações antecedentes.

FIGURA 07 – Aquecimento superficial por indução, austenitização.



Fonte: Tratamentos Térmicos - prof. Nivaldo J. Martim

FIGURA 08– Resfriamento superficial rápido, para obtenção da martensita.

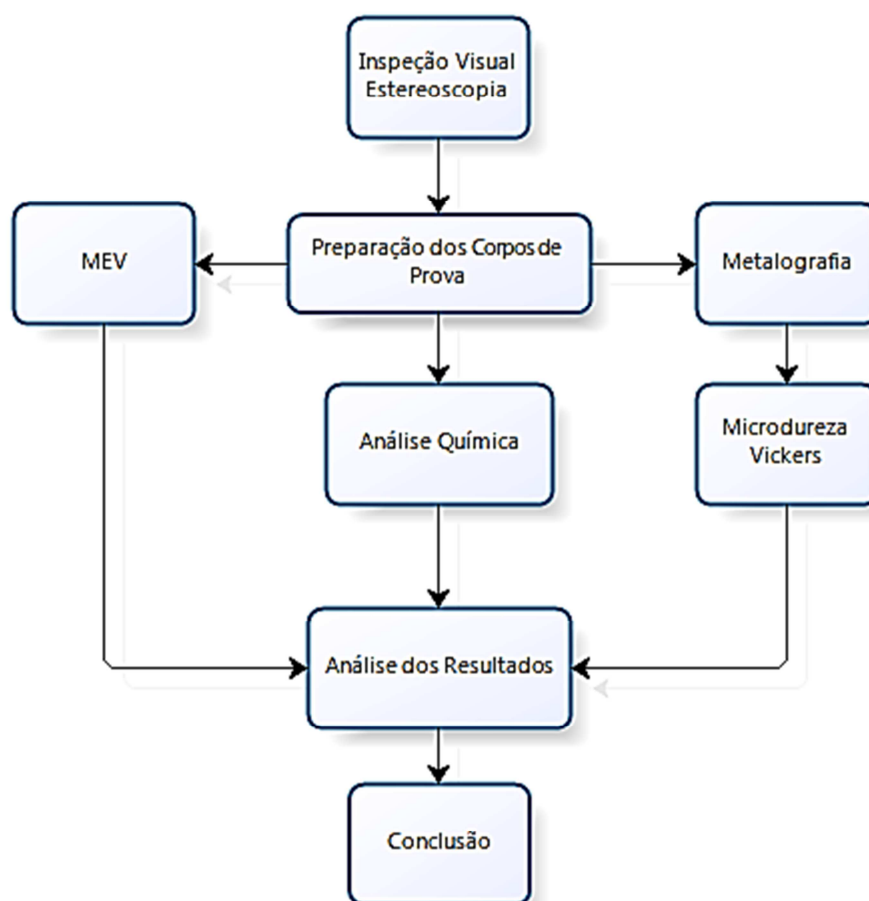


Fonte: Tratamentos Térmicos - prof. Nivaldo J. Martim

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada na análise da falha nas hastes está representada no fluxograma da Figura 09.

FIGURA 09 - Fluxograma Metodologia utilizada no trabalho.



Fonte: Autor, 2012.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. INSPEÇÃO VISUAL

Foi realizada inspeção visual para verificação macroestrutural das fraturas com auxílio de estereoscópio^[5]. Onde se verificou que apenas três amostras tiveram a superfície de fratura preservada e todas com grau de oxidação elevado. As hastes apresentam formas de haste sextavada com redução cônica seguida de rosca de passe largo para encaixe da broca ou da haste de extensão, além de furo central