

OTIMIZAÇÃO DE SUSPENSÃO DE PORCELANA PARA CONFORMAÇÃO DE LÂMINAS DE CORTE CERÂMICAS ¹

Fabiana Mendonça de Faria²
Ricardo H. R. Castro²

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo a confecção de uma lâmina de corte de composição de porcelana passando por todas as etapas de produção da peça, desde a otimização da formulação de porcelana, otimização da suspensão do composto, conformação por colagem no molde de gesso e sinterização final para densificação. A composição da porcelana foi definida a partir de uma composição básica de caulim, feldspato e quartzo, e através de ensaios de dilatométrica foi determinado o incremento da composição com dolomita para redução da temperatura de sinterização. A suspensão da porcelana de formulação determinada por dilatométrica foi otimizada através de ensaios de viscosimetria em função da quantidade de dispersante Dispex N40. Após otimização da suspensão, a peça será conformada futuramente nos moldes de gesso já confeccionados nesta etapa do projeto.

Palavras-chave: Cerâmica; Conformação; Porcelana; Suspensão.

OPTIMIZATION OF PORCELAIN SUSPENSIONS FOR CONFORMATION PROCESS OF CUTTING TOOLS

Abstract

The objective of this work is to produce a porcelain cutting tool technologically considering all production stages: from the optimization of the porcelain composition, optimization of the suspension, conformation using slip-casting and sintering for densification. The composition was determined by dilatometry data in different mixtures of kaolin, feldspar and quartz. Dolomite was introduced as an additive to lower the sintering temperature. The suspension of the determined porcelain composition was optimized throughout viscosimetry measurements as a function of a polyacrylate dispersant. After optimization, the ceramic part was shaped using plaster mold.

Key words: Ceramics; Conformation; Porcelain; Suspensions.

¹ Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil

² Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Universitário da FEI, São Bernardo, SP, Brazil

1 INTRODUÇÃO

Materiais cerâmicos são cada vez mais utilizados nas diversas áreas da engenharia devido as suas características únicas quando comparadas a compostos metálicos e poliméricos.^(1,2)

Entre suas características potencialmente interessantes estão o alto ponto de fusão e a baixa condutividade térmica. Por apresentarem tais características, as cerâmicas são muito utilizadas em processos de fundição, fornos, entre outros processamentos que envolvem altas temperaturas. Outra principal característica das cerâmicas é sua dureza e abrasividade, que se dão, assim como a alta temperatura de fusão, pelas ligações de caráter iônico-covalente entre seus elementos. Ligações estas, que precisam de uma energia muito grande para ser rompidas, resultando nas comentadas propriedades mecânicas.^(2,3)

Estas duas características das cerâmicas (dureza e abrasividade) são utilizadas usualmente em ferramentas de cortes, como por exemplo, em máquinas de corte de metais para indústria metal-mecânica. Uma grande vantagem da lâmina de corte de cerâmica é o fato de ela não perder o fio com tanta facilidade, devido sua dureza e sua resistência ao desgaste.

Por outro lado, também estão entre as características das cerâmicas a baixa condutividade térmica e fragilidade do material. Isso torna sua aplicação restrita nos processos de corte sob impacto e onde a temperatura local na posição do corte é elevada. O problema de alta temperatura local obviamente não prejudica a peça cerâmica em si, mas o material que está sendo cortado. Portanto, é comum o uso de metal duro na indústria de corte de metais, pois este apresenta maior condutividade térmica.

O fato de o material cerâmico ser duro e refratário torna impraticável a conformação deste material do mesmo modo que é feito com os metais e polímeros, o que geralmente, depende de processos de fundição ou deformações plásticas.^(1,2)

Portanto, a engenharia teve de criar um processo alternativo para conformação das cerâmicas, na qual a peça é formada a partir de sistemas particulados (pós). Um dos mais comuns processos de conformação de cerâmica por sistemas particulados é a colagem por dreno, também conhecida como *slip casting*.⁽³⁾

O principal objetivo deste projeto é otimizar a suspensão de porcelana para o preparo de lâminas de corte por colagem de dreno. Estas otimizações poderão fazer parte da produção de outras peças, como cadinhos de cerâmica usados na fundição de metal ou isoladores elétricos.

O projeto tem como objetivos secundários a utilização do equipamento de dilatométrica para determinar uma composição adequada da porcelana para menor temperatura de sinterização possível sem prejuízo das propriedades mecânicas; e a geração de conhecimento nacional sobre fabricação de facas cerâmicas, hoje restrito à indústria estrangeira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Suspensão de Porcelana

Porcelana é definida por uma cerâmica branca, translúcida e impermeável, com menos de 0,5% de porosidade. Sendo constituída por uma mistura de caulim, quartzo e feldspato e a proporção destes três componentes influencia nas alterações ocorridas durante a etapa de sinterização e também nas características da peça final.^(1,3)

O caulim $[Al_2(Si_2O_5)(OH)_4]$ é um mineral argiloso constituído de aluminossilicato. Sua importância na composição do material se deve ao fato de a argila se fundir ao longo de uma faixa de temperaturas, tornando possível que na sinterização a peça se torne densa sem que haja fusão completa do material, aumentando sua resistência sem prejudicar a forma desejada.

Feldspatos compõem um grupo de materiais aluminossilicatos que contém os íons K^+ , Na^+ , Ca^{2+} . Os grupos de feldspato mais utilizados na fabricação de porcelana são os sódicos e os potássicos. Estes componentes funcionam como fundentes, que quando misturados com argila diminuem sua temperatura de fusão e formam um vidro. Esta característica proporciona maior densidade à peça.⁽⁴⁻⁶⁾

O quartzo (SiO_2) é utilizado como material de enchimento, ou carga, pois é barato, relativamente duro e quimicamente não reativo.⁽¹⁾

Dolomita $[CaMg(CO_3)_2]$ é um mineral a base de carbonato de cálcio e magnésio, usado para fazer cimento, cal e na correção da acidez do solo. No projeto foi utilizada para reduzir a temperatura de sinterização da porcelana, pois é formador de fase líquida durante a sinterização.

O poliacrilato de sódio (Dispex N40) foi utilizado como dispersante e possíveis ajustes de pH serão realizados utilizando HNO_3 ou NH_4OH , pois o Dispex é mais eficiente em suspensões de pH 8.

2.2 Ensaios de Dilatometria

O dilatômetro mede o quanto a dimensão da peça se modifica em função da temperatura. O equipamento transdutor de deslocamentos SETSYS Evolution TMA (*ThermoMechanical Analyzer*) é caracterizado por sua alta precisão: pode detectar mudanças iguais a 0,01 microns.

O transdutor usa um sistema eletromagnético para controlar automaticamente a força aplicada na amostra, entre 0,01 N e 1,5 N. A força pode ser aumentada adicionando pesos acima de 200 gramas através de um software.

Com o software *Controlled-rate dilatometry and TMA* o equipamento pode ser usado como um dilatômetro. O SETSYS Evolution TMA é particularmente adequado como medidor de taxa de sinterização controlada.⁽⁷⁾

2.3 Ensaios de Viscosidade

O viscosímetro DV-II+ PRO Digital Brookfield foi utilizado para fazer os ensaios de viscosidade e determinar a quantidade ideal de dispersante a ser utilizado.

A viscosidade é medida através do torque necessário para que o *spindle* do viscosímetro consiga girar com uma frequência constante, medida em rpm. A variação de sua velocidade está entre 0,01 rpm e 200 rpm.⁽⁸⁾

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para determinar qual a melhor composição da porcelana a ser utilizada na fabricação da lâmina de corte foram realizados dois ensaios: ensaio de dilatometria e de viscosidade.

3.1 Ensaio de Dilatometria

O ensaio de dilatometria foi feito para determinar a composição da porcelana com menor ponto de sinterização e que sofra maior densificação. Para isto foram feitas três suspensões com proporções, em massa, quartzo:feldspato:caulim iguais a 50:25:25; 45:30:25; e 45:25:30, em água destilada. Depois de prontas, cada suspensão foi moída por 2 horas com 200 rpm, levada para secar, e prensada com uma tonelada para formar as amostras de teste, com dimensões iguais a 0,6 cm de diâmetro e em media 0,2 cm de altura. Antes de as amostras serem aquecidas no equipamento de dilatometria, foi feito um *baseline* para computar a redução dos aparadores da amostra, para ser descontado de sua redução após o ensaio.

As amostras foram aquecidas separadamente a 1.400°C cada, sendo a rampa de aquecimento de 10°C por minuto. Para cada teste foi obtida uma curva de redução em função da temperatura como a mostrada na Figura 1 para a amostra contendo 50% de quartzo, 25% de feldspato e 25% de caulim.

No entanto, constatou-se que a temperatura de sinterização para as três composições é muito alta e a densificação não é muito eficiente. Então, foram feitas outras três amostras contendo mais 5% de dolomita cada, em massa.

Depois de feitos os ensaios com as novas amostras, estas foram comparadas com as primeiras que possuíam as mesmas proporções quartzo:feldspato:caulim, porém não continham dolomita. Conforme mostrado na Figura 1. E concluiu-se que a adição da dolomita diminuiu a temperatura de sinterização e aumentou a densificação das amostras.

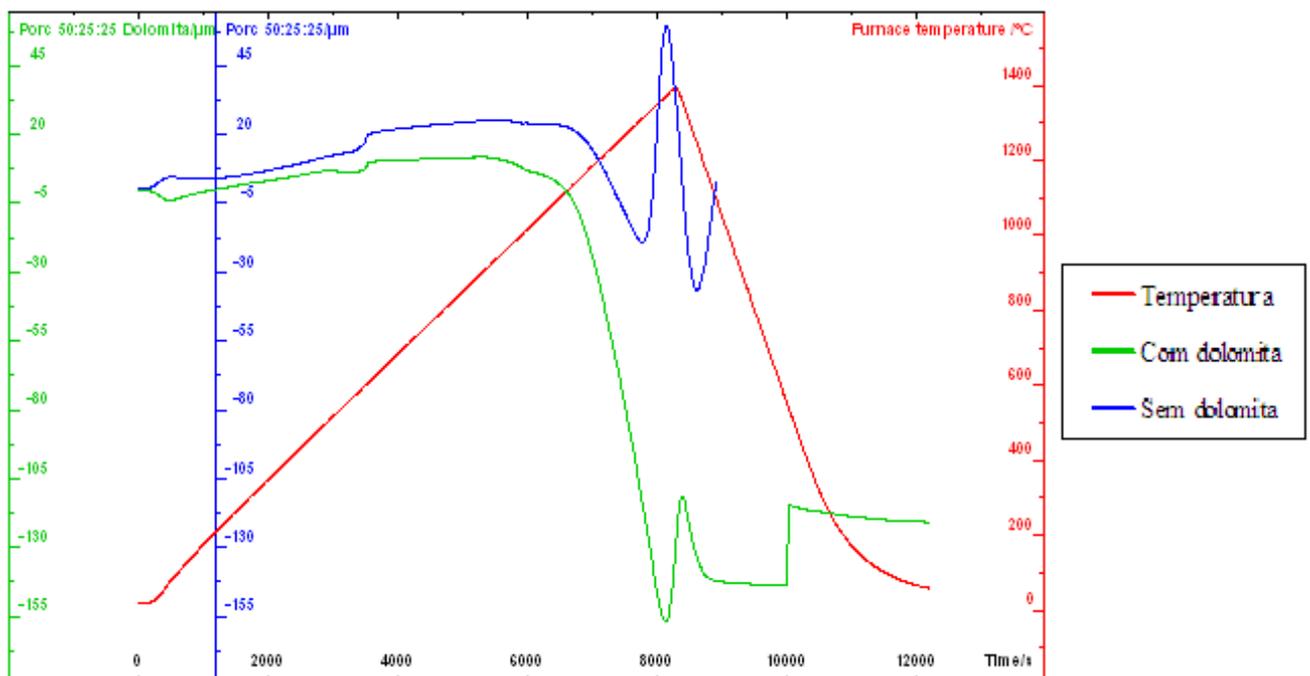


Figura 1: Gráfico de comparação da redução das amostras de proporção caulim:feldspato:quartzo de 50:25:25 com dolomita e sem dolomita.

Sabido que a dolomita é um bom aditivo para a sinterização da porcelana, as curvas das amostras com dolomita foram comparadas para determinar a melhor composição da porcelana, como mostrado na Figura 3. Chegou-se a conclusão que a melhor composição é a de proporção igual a 45:30:25 por obter menor temperatura de sinterização e por densificar mais que as outras.

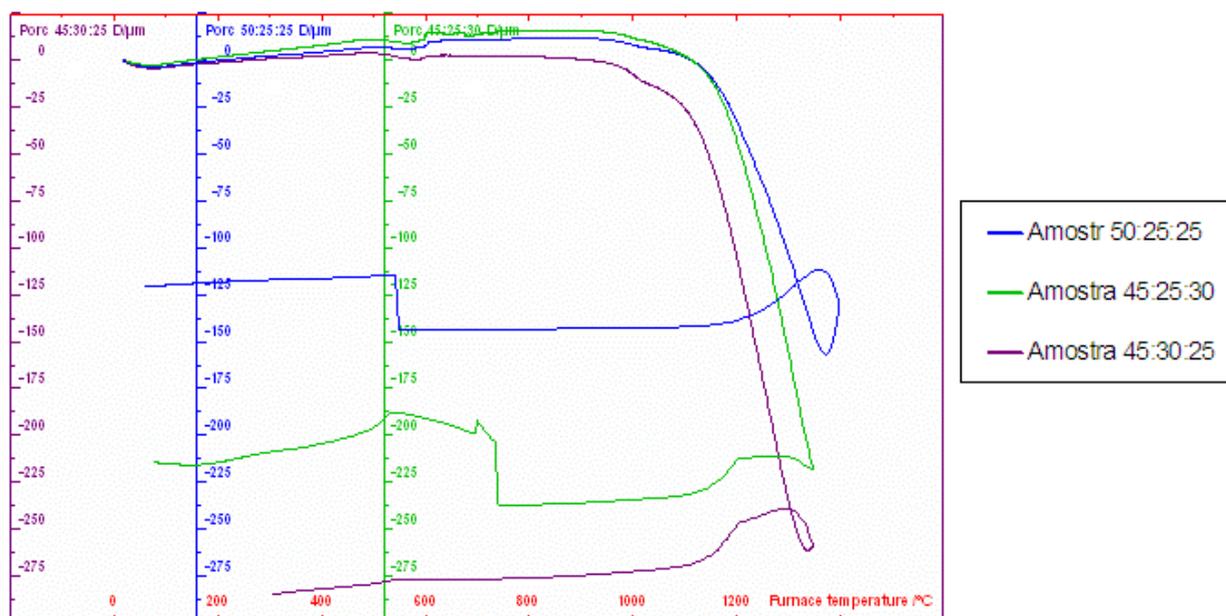


Figura 2: Comparação entre as amostras de diferentes proporções caulim:feldspato:quartzo com dolomita para determinação da melhor composição da porcelana. A melhor composição é a da curva roxa (45:30:25).

3.2 Ensaio de Viscosidade

Após determinada a composição de porcelana a ser utilizada, foi necessária a escolha da quantidade de dispersante a ser adicionado. Para isso foram preparadas cinco suspensões aquosas de 100 ml, com concentração de porcelana de 20% em volume. A cada suspensão foi adicionada uma quantidade de Dispex diferente (0,005 g; 0,01 g; 0,02 g; 0,05 g para cada 100 gramas de pó).

Porém, antes de adicionar o Dispex, foi necessário medir e ajustar o pH da suspensão, utilizando HNO_3 ou NH_4OH , uma vez que, o poliácido de sódio é mais eficiente em solução de pH 8. Após a adição do dispersante, as suspensões foram moídas mais uma hora cada para que o polímero pudesse se ligar às partículas.

Prontas as amostras, foi feito o ensaio de viscosidade com diferentes taxas de rotação (de 10 rpm a 200 rpm).

A quantidade de dispersante a ser utilizada para fabricar as lâminas de cerâmica será a de 0,05 g por 100 g de pó, pois a suspensão com esta quantidade de Dispex foi a que apresentou menor viscosidade, como visto na Figura 10. O gráfico mostra uma redução inicial da viscosidade com a presença do aditivo seguida de um aumento local e posterior decréscimo significativo. Para confirmar o resultado que indica o valor de 0,05 g/100g como o ponto ideal de estabilização, mais amostras serão realizadas nas próximas etapas do projeto com concentrações maiores e intermediárias dos valores já medidos.

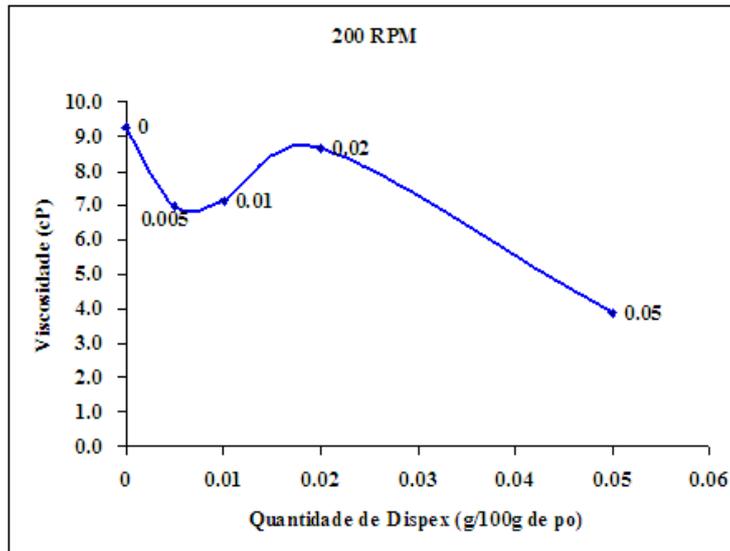


Figura 3: gráfico da viscosidade em função da quantidade de dispex da amostra.

3.3 Preparação dos Moldes de Gesso

3.4

Para a preparação dos moldes foram feitas duas facas de acrílico para serem os contramoldes, sendo uma delas mostrada na Figura 4. Pelo fato de o acrílico ser um material de baixa rugosidade superficial, o gesso pôde copiar perfeitamente seus detalhes, como visto na Figura 4. Os moldes foram feitos de gesso Paris contendo 80g de água para 100g de gesso.



Figura 4: molde de gesso da faca de acrílico. Os parafusos foram colocados para auxiliar na remoção da faca de dentro do gesso.

4 CONCLUSÃO

Foi possível a otimização da composição da faca de porcelana utilizando os dados de densificação obtidos pelos ensaios de dilatométrica. A composição ideal estabelecida é 50% de quartzo, 25% de feldspato e 25% de caulim, com 5% de dolomita sobre a composição da mistura. Essa composição apresenta alta densificação mesmo em baixas temperaturas de sinterização ($\sim 1.200^{\circ}\text{C}$).

A otimização da suspensão indicou um resultado de 0,05% em massa para a quantidade ideal de dispersante Dispex N40 na suspensão. Esse resultado pôde ser utilizado para conformar a peça utilizando o molde de gesso apresentado neste projeto.

Agradecimentos

O autor agradece a Fundação Educacional Inaciana pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- 1 Callister, W. D. *Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada* (LTC, Rio de Janeiro, 2006).
- 2 Oliveira, I. R., Studart, A. R., Pileggi, R. G. & Pandolfelli, V. C. *Dispersão e empacotamento de partículas* (Fazendo Arte, São Paulo, 2000).
- 3 Richerson, D.W. *Modern ceramic engineering: properties, processing and use in design* (Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2006)
- 4 Kingery, W. D., Bowen, H. K. & Uhlmann, D. R. *Introduction to ceramics* (Wiley-Interscience, 1976).
- 5 Chiang, Y.-M., Birnie, D. P. & Kingery, W. D. *Physical ceramics: principles for ceramic science and engineering* (John Wiley & Sons, Inc., 1997).
- 6 4 COSTACURTA, Jobel José. BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Perfil analítico do feldspato*. (Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral, 1974, Boletim: nº 32).
- 7 5 SETARAM Instrumentation: Kep Technologies. Disponível em: <<http://www.setaram.com/SETSYS-Evolution-TMA.htm>>. Acesso em 7 de out. 2007
- 8 Brookfield: manufacturing the technology to produce the technology. Disponível em: <<http://www.brookfieldengineering.com/products/viscometers/laboratory-dv-ii.asp>>. Acesso em 8 de out. 2007.