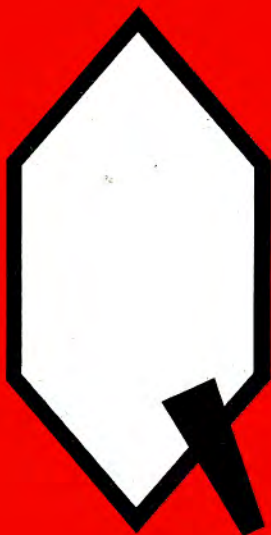


Revista de Química Industrial

ANO 56 — FEVEREIRO DE 1987 — Nº 658



INFORMAÇÃO INDUSTRIAL,
TECNOLOGICA E CIENTÍFICA

ASSINE. MAS, PORQUE?

O momento econômico nacional exige do empresário brasileiro uma constante atualização:

- sobre as novas técnicas mundiais de industrialização;
- sobre as atividades das empresas de bens e serviços;
- sobre as matérias-primas necessárias à sua produção;

Por isso:

Nós não precisamos dizer que nossa revista é a melhor ou a mais importante no seu ramo de atuação; basta dizer que esta é a nossa diretriz redacional.

E a cumprimos. Está aí o "PORQUE?"

54 anos

1 ano: Cr\$ 25.000
2 anos: Cr\$ 50.000

Agora, assine!

AUTORIZAÇÃO DE ASSINATURA

Editora Químia de Revistas Técnicas Ltda.
Rua da Quitanda, 199 — Grupos 804-805
20092, Rio de Janeiro, RJ

Em anexo segue um cheque de Cr\$
nº Banco para pagamento de
uma assinatura de RQI por ano(s).

Nome:

Ramo:

Endereço:

CEP: Cidade: Estado:

Preencha esta
papeleta
e envie
à nossa
Editora.



Publicação mensal, técnica e científica,
de química aplicada à indústria.
Em circulação desde fevereiro de 1932.

DIRETOR RESPONSÁVEL E EDITOR
Jayme da Nóbrega Santa Rosa

CONSELHO DE REDAÇÃO
Arikerne Rodrigues Sucupira
Carlos Russo
Clóvis Martins Ferreira
Eloisa Biasotto Mano
Hebe Helena Labarthe Martelli
Kurt Politzer
Luciano Amaral
Nilton Emilio Buhner
Oswaldo Gonçalves de Lima
Otto Richard Gottlieb
Paulo Jose Duarte

ANUNCIO E PUBLICIDADE

Saphra Veículo de Espaço
& Tempo Representação Ltda.
R. Cons. Crispiniano, 344 — S. 207 —
Tel.: 223-9488 — São Paulo
R. da Lapa, 200 — S/610
Tel.: 242-0062 — CEP 20021 —
Rio de Janeiro
SCS Edifício Serra Dourada
70300 Brasília

CIRCULAÇÃO

Italia Caldas Fernandes

CONTABILIDADE

Miguel Dawidman

IMPRESSÃO

Editora Gráfica Serrana Ltda.

ASSINATURAS:

BRASIL: por 1 ano, Cz\$ 80,00
por 2 anos: Cz\$ 180,00
OUTROS PAÍSES: por 1 ano USA\$ 50,00

VENDA AVULSA:

Exemplar da última edição: Cz\$ 8,00
de edição atrasada: Cz\$ 10,00

MUDANÇA DE ENDEREÇO

O Assinante deve comunicar à
administração da revista qualquer nova
alteração no seu endereço, se possível
com a devida antecedência.

RECLAMAÇÕES

As reclamações de números extraviados
devem ser feitas no prazo de três meses,
a contar da data em que foram publica-
dos. Convém reclamar antes que se es-
gotem as respectivas edições.

RENOVAÇÃO DE ASSINATURAS

Pede-se aos assinantes que mandem
renovar suas assinaturas antes de
terminarem, a fim de não haver
interrupção na remessa da revista.

REDAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO

R. da Quitanda, 199 - 8º - Grupos 804-805
RIO DE JANEIRO, RJ — BRASIL
20092 - Telefone: (021) 253-8533

Revista de Química Industrial

REDATOR PRINCIPAL: JAYME STA. ROSA

ANO 56

FEVEREIRO DE 1987

Nº 658

NESTA EDIÇÃO

Artigo de fundo

O papel da indústria química japonesa no próximo decênio, Jayme Sta. Rosa .. 2

Artigo de colaboração

A cerâmica de alta tecnologia. Definição de cerâmica. Os vários nomes da nova cerâmica. A febre cerâmica internacional. Classificação das dez inovações tecnológicas mais importantes desde 1973. Classificação dos produtos cerâmicos de alta tecnologia. Mercado futuro do Japão para cerâmica de alta tecnologia. Famílias principais de materiais cerâmicos de alta tecnologia. O processamento industrial para a cerâmica de alta tecnologia. Cerâmica de alta tecnologia no Brasil. Conclusões. Referências bibliográficas 4

Química, Tecnologia e Ciência

Insulina. Biobrás lançou ao mercado insulina mista 3
Cerâmica. Nova mulita como material estrutural 3
Biossensores. Cresce o mercado destes produtos 3
Automóveis. Progresso realizado no Brasil em 30 anos 10

Revista de Química Industrial, que vem sendo editada sem interrupção desde fevereiro de 1932, adapta-se às circunstâncias econômicas da atualidade, para conviver com a crise transitória por que passam o Brasil e o mundo. É justo esperar que esta tradicional revista retorne à normalidade das edições com assuntos mais variados nos quadros da Química, Tecnologia e Ciência.



Editora Química de
Revistas Técnicas Ltda.

Revista de Química Industrial

DIRETOR RESPONSÁVEL: JAYME STA. ROSA

ANO 56

FEVEREIRO DE 1987

Nº 658

O papel da indústria química japonesa no próximo decênio

Mutsumi Hongoh, diretor gerente da empresa Idemitsu Petrochemical Co., Ltd., do Japão, apresentou ao Congresso Mundial de Química, reunido em Newport Beach, na Califórnia, em 7-10 de setembro de 1986, o trabalho "The Role of the Chemical Industry in the 1990s: Outlook From Tokyo".

Ele mostrou as perspectivas tecno-sociológicas; as possibilidades de desenvolvimento da economia japonesa; o desenvolvimento no sudeste asiático; a indústria química japonesa no decênio de 1990.

Afirma ele que a produção química do mundo já chegou a um ponto que indica a mudança de direção, a virada, para novos objetivos.

Esta atividade, que evoluiu extraordinariamente com a petroquímica, assumiu grande importância tecnológica e econômica, promovendo nações que dispõem de recursos a ocupar na comunidade mundial, com novas forças, lugares de destaque.

Como a ciência química é de múltipla finalidade, a saber, abarca vários ramos do conhecimento humano, torna-se imprescindível escolher quais os campos de interesse para ocupar.

Quando se considera, por exemplo, o terreno social com as suas inúmeras necessidades, visando futuras inovações tecnológicas, logo surgem especialidades científicas, como eletrônica, ciências da vida e outras, para as quais é preciso recorrer a processos de elevada técnica da ciência química.

Neste caso, segue-se na vanguarda com seus trabalhos para contribuir na formação da moderna sociedade, nova na estrutura, equânime e justa na organização.

Novos materiais, alguns deles funcionais, e produtos bioquímicos desempenharão papel essencial na realização das inovações tecnológicas.

Acha Mutsumi Hongoh que então estaremos entrando na *Idade da Química*.

Lembra que, prosseguindo no caminho da inovação tecnológica sempre de ação constante, grande maturidade adquiriu a indústria petroquímica com relação aos últimos anos de esforços.

São evidentes os notáveis progressos tecnológicos realizados em produtos petroquímicos, na química dos polímeros e em tantos outros campos da especialidade.

Note-se, porém, que o progresso na petroquímica não obedeceu sempre às necessidades humanas. Houve produções muitas vezes supérfluas, desorganizando mercados, com idéias de concorrência nociva à coletividade. Não se procurava sempre a necessidade, mas a luta para o fornecimento.

As tecnologias fundamentais que constituem a base das ciências aplicadas levarão a bem-vindas inovações. E a ciência química, bem como a indústria química, participa em maior parte no avanço das tecnologias fundamentais.

Não mais representa um sonho o processo biológico de substituição de órgãos naturais por artificiais, ou a inteligência artificial.

O domínio do espaço e o aproveitamento, pela engenharia, dos recursos do mar surgiram como fatos da vida atual.

Com o auxílio da inovação técnica, nos campos de tecnologias aplicadas e fundamentais, a humanidade está abrindo novas fronteiras.

Com base na tecnologia dos polímeros são produzidos compósitos de alta técnica, materiais eletrônicos, membranas de separação de elevado desempenho e outros materiais avançados.

Está-se transformando a estrutura industrial japonesa num vasto mercado para indústrias de alta tecnologia. O tamanho deste mercado espera-se que cresça a aproximadamente 1,4 trilhão de dólares no ano 2000. Neste desenvolvimento exerce a química uma função primordial.

Entende Mutsumi Hongoh que a indústria japonesa como um todo será submetida a mudança drástica; a sua capacidade de competição internacional na indústria tornar-se-á mais pronunciada.

Alguns ramos industriais crescerão: outros, não. Como resultado, o Japão do decênio de 1990 terá nova estrutura industrial muito mais adaptada ao ambiente econômico do século vindouro.

Uma das características da futura economia japonesa será o pronunciado aumento do investimento direto no exterior.

As indústrias japonesas de exportação expandirão seus investimentos diretos para levar indústrias a países estrangeiros.

Jayme Sta. Rosa.

INSULINA

Biobrás lançou em novembro último, insulina mişta

Bioquímica do Brasil — Biobrás, de Montes Claros, MG, lançou ao mercado a insulina U-100, pela primeira vez obtida no país com cristais mistos de insulina bovina e insulina de porco, de acordo com declaração do presidente da sociedade, Sr. Guilherme Emrich.

Única fabricante de insulina no Brasil, a Biobrás, com capital e tecnologia nacionais, fabrica hoje 10 milhões de frascos por ano, atendendo a 98% do mercado nacional (que consome 4 milhões de frascos/ano) e exportando a maior parte de sua produção para os Estados Unidos da América, Europa e América Latina.

Guilherme Emrich disse que a U-100 é muito mais concentrada do que as normais (U-40 e U-80), tendo 20% a mais de potência que esta última. A maior concentração, segundo disse, permite a redução da dosagem a ser injetada nos diabéticos que dependem do medicamento, tornando menos penoso o tratamento. *

CERÂMICA

Nova mulita como material estrutural

Nippon Chemical Pottery desenvolveu nova cerâmica, que pode ser empregada em temperaturas até de 1 400°C para materiais estruturais. É a nova mulita.

Trata-se de um óxido de 72% de alumina e 28% de sílica. Peso específico: 3,15.

Hitachi utiliza a nova mulita como laminador, bocais para aquecimento. Pode aplicar-se em outros fins, como turbinas para automóveis. *

BIOSENSORES

Cresce o mercado destes produtos

Segundo Business Communications Company, dos EUA, importantes avanços ultimamente estão conduzindo os biossensores para vendas da ordem de 200 milhões de dólares por ano no fim deste século.

Os usos industriais estimam-se, presente-mente em 9 milhões de dólares, no fim do século em 100 milhões de dólares.

O maior consumo dentro de alguns anos ocorrerá no campo médico. Depois, deverá surgir a agricultura modernizada. *

CENTRÍFUGAS SEPARADORAS

TREU
ESCHER WYSS

A Treu lança uma nova linha de Centrífugas para separação de líquidos e sólidos, com tecnologia avançada, alta eficiência e economia de operação.

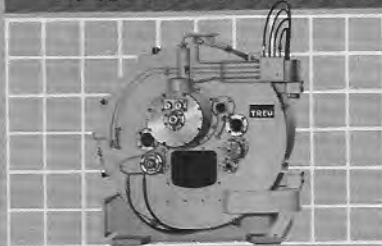
RASPADORAS VERTICAIS

Para produção variada de produtos químicos finos e farmacêuticos.



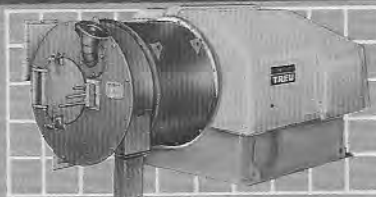
RASPADORAS HORIZONTAIS

Para produção contínua em larga escala e maiores acelerações.



PUSHER

De simples e múltiplo estágio, para grandes produções de materiais cristalinos e fibrosos, até 100 toneladas/hora.



DECANTADORAS

Para espessamento de lamas e slurries.



Qualquer que seja o seu problema consulte a Treu.

TREU

TREU S.A. - MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS
Av. Brasil, 21.000 - CEP 21510 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (021) 372-6633 - Telex: (021) 21089
Rua Conselheiro Brotero, 589 - Conj. 92 - CEP 01154
São Paulo - SP - Tel.: (011) 826-3500 e 826-3052

A cerâmica de alta tecnologia

O que é, e como é utilizada

PERSIO DE SOUZA SANTOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
ESCOLA POLITÉCNICA DA USP
C.P. 61.548 — SÃO PAULO, SP

DEFINIÇÃO DE "CERÂMICA"

É a seguinte a definição de "Cerâmica" (1): Cerâmica é a arte; ciência e a tecnologia de fabricar e usar peças sólidas, as quais têm como componente essencial, e são constituídas em grande parte por materiais inorgânicos não-metálicos, denominados "mate-

riais cerâmicos" ou "cerâmicas" ou "cerâmicos" (em inglês: ceramics). Os "materiais cerâmicos" ou "cerâmicas" compreendem todos os materiais inorgânicos não-metálicos de emprego em Engenharia ou produtos químicos inorgânicos (excetuados os metais e suas ligas), os quais são utilizáveis geralmente após

tratamentos em temperatura elevada.

A Indústria Cerâmica é uma Indústria de Processamento Químico (2) e, portanto, o "processo cerâmico industrial" pode ser representado por um fluxograma do tipo diagrama de blocos, como o da Figura 1.

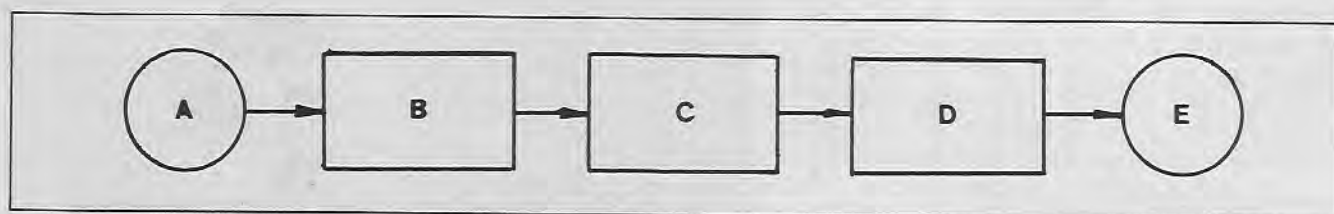


FIG. 1 — Fluxograma típico do processo Químico Industrial

Nesta Figura:

A = *matérias primas*, isto é, materiais naturais ou sintéticos, inorgânicos e não-metálicos, os quais contêm as substâncias químicas que irão entrar em reação química.

B = *Operações Unitárias da Indústria Química*: são transformações físicas realizadas em equipamentos; as operações unitárias mais frequentemente usadas na Indústria Cerâmica são: cominuição (moagem); mistura; secagem; umidificação; conformação (dar forma às peças cruas); transporte de matéria e de calor.

C = *Reator*: é o equipamento industrial onde são realizadas as reações químicas; estas, quando são realizadas em escala industrial, recebem o nome de "conversões química"; este termo substitui o termo "processo unitário", o qual é obsoleto nos Estados Unidos, há mais de 20 anos, como foi enfatizado por Shreve (4). Na Indústria Cerâmica, o reator é o Forno Cerâmico, o qual opera em temperaturas superiores a 700°C

e no qual ocorrem as "conversões cerâmicas".

D = *Operações Unitárias*: na Indústria Cerâmica, estas operações unitárias são, principalmente, de transporte de calor e de transporte de matéria.

E = *Produto Manufaturado ou Acabado*: são as peças cerâmicas acabadas que vão ser utilizadas por outras Indústrias, inclusive a Indústria Cerâmica.

Os produtos manufaturados da Indústria Cerâmica de 1ª Geração mais usualmente conhecidos são: Cerâmica Vermelha ou Estrutural (tijolos; telhas; pisos; tubos; agregado leve; elementos vazados); Cerâmica Branca ou Gerâmica Fina (5) (louça sanitária; louça doméstica; azulejos e pastilhas; cerâmica química e elétrica); Produtos Refratários (silicosos; sílico-aluminosos; altamente aluminosos; magnesita; cromomagnesita; espinélio; grafita); Vidros calco-sódicos (lime-soda) planos e ôcos; Vidrados (esmaltes) cerâmicos; cimento portland; Abrasivos naturais e sintéticos;

Isolantes térmicos naturais e sintéticos; Pozolanas; Agregado leve de argila piroexpandida; Cerâmica Utilitária; Ferramentas de corte; Combustíveis nucleares; Minérios Não-metálicos beneficiados e/ou processados, com ou sem queima.

OS VÁRIOS NOMES DA CERÂMICA NOVA (NEW CERAMICS)

Os professores W.D. Kingery, H.K. Bowen e D.R. Uhlmann, do Massachusetts Institute of Technology (MIT), em seu livro clássico (6), introduziram as expressões "Cerâmica Tradicional" e "Cerâmica Nova". Neste livro, os aspectos científicos de ambas as Cerâmicas são tratados com bases comuns, não sendo posta ênfase na maior importância de nenhuma delas, qualquer que seja o significado científico, técnico, econômico, político ou social, atribuído a cada uma: ambas são utilizadas atualmente e não se pode prescindir de nenhuma de-

las. Kingery, Bowen e Uhlmann colocaram, na "Cerâmica Tradicional", os produtos das indústrias de silicatos, isto é, essencialmente os produtos de argilas, cimento portland e vidros de silicatos, anteriormente citados como de 1ª geração.

Na "Cerâmica Nova" estão incluídos: óxidos cerâmicos puros; combustíveis nucleares, cerâmica electróptica; cerâmica magnética; monocristais de vários materiais; nitretos cerâmicos; esmaltes para alumínio; conjugados cerâmica-metal (cermêtos); carbetos cerâmicos, boretos cerâmicos; cerâmica ferroelétrica; vidros sem silicatos; *catalisadores*; *peneiras moleculares*, vidro-cerâmico; óxidos cristalinos sem poros e muitos outros materiais, como os compósitos ou materiais conjugados. Estes seriam a 2ª geração de produtos cerâmicos.

Esta classificação e esta nomenclatura estavam sendo utilizadas normalmente, sem haver, entre os Ceramistas, nenhuma preocupação com a importância

comparativa entre a Cerâmica Tradicional (também chamada Clássica ou Convencional) e a Cerâmica Nova (também chamada Cerâmica Moderna), especialmente no grau de conhecimentos científico e tecnológico que usavam; em outras palavras, a Cerâmica Tradicional não é obsoleta, nem pior em qualidade, nem atrasada em sofisticação, quanto aos seus produtos e aos equipamentos usados no processamento industrial, em comparação com a Cerâmica Nova.

Em 1980, nos EUA, as vendas totais de produtos da Cerâmica Tradicional e da Cerâmica Nova foram de 50 bilhões de dólares; desta quantia, 1,5 bilhões de dólares representavam as vendas em Cerâmica Nova, isto é, apenas 3% das vendas globais dos produtos da Indústria Cerâmica (7). A Tabela seguinte, organizada pelo Prof. H.K. Bowen e adaptada das Referências (7;8), mostra que os EUA possuem 37% do mercado de Cerâmica Nova, enquanto o Japão possui 46% desse mercado.

qualidade (5). Uma das sub-divisões da Cerâmica Nova é a Cerâmica Estrutural (Structural Ceramics) ou melhor, Cerâmica Estrutural Avançada (Advanced Structural Ceramics); esta expressão tem sentido diferente daquele de Cerâmica Estrutural, como vem sendo usado no Brasil e na Itália para designar os produtos de Cerâmica Vermelha (9).

Pessoalmente, prefiro usar "Cerâmica de Alta Tecnologia" devido às Referências (10;11), onde o Prof. H.K. Bowen não mais utiliza Cerâmica Nova ou Avançada; de outro lado, em junho de 1986, em Milão, Itália, realizou-se o "1st World Congress on High Tech Ceramics".

Mas porque ocorreu esse interesse mundial súbito na Cerâmica de Alta Tecnologia?

A FEBRE CERÂMICA INTERNACIONAL: CERÂMICA DE ALTA TECNOLOGIA

Um interesse mundial localizou-se de repente, na Cerâmica de Alta Tecnologia em consequência de artigo publicado em 16 de agosto de 1983, no jornal japonês de Economia (*Nikkei Sangyo Shinbun*): neste jornal, após consulta a 100 diretores das mais importantes empresas japonesas, foram listadas as 10 inovações tecnológicas mais importantes ocorridas após o choque do petróleo em 1973 (notar que hoje não se fala mais em "crise" de petróleo). Os produtos desta Cerâmica de Alta Tecnologia ocupavam o 5º lugar, nesta classificação das 10 inovações tecnológicas mais importantes desde 1973.

Este artigo provocou um interesse mundial muito grande na Cerâmica de Alta Tecnologia, a qual passou a ser tópico frequente de congressos, seminários, conferências e de artigos científicos e técnicos, sempre sendo salientado o seu papel na Informática. Esta classificação é apresentada na Tabela a seguir (10);

MERCADO MUNDIAL (EM MILHÕES DE DÓLARES) PARA PRODUTOS DE CERÂMICA NOVA

	ano	1980	1990	1995
Japão:		1900	6 500	9 000
EUA:		1500	5 000	7 000
Outros:		700	500	1 000
<i>Total (Mundo Livre):</i>		4 100	12 000	17 000

Nomenclatura: Desde a introdução da expressão "Cerâmica Nova", vários sinônimos começaram a ser utilizados: a) Cerâmica Moderna (Modern Ceramics — USA); b) Cerâmica Nova (New Ceramics — USA); c) Cerâmica Fina (Fine Ceramics — Japão); d) Cerâmica Especial (Special Ceramics — Inglaterra); e) Cerâmica Avançada (Advanced Ceramics — USA); f) Cerâmica de Alta Tecnologia (High TEch Ceramics Alemanha e Itália); g) Cerâmica de

Alto Desempenho (High Performance Ceramics — USA); h) Cerâmica Industrial (Simpósio realizado em São Paulo); às vezes, as expressões "Bulk and Special Ceramics" são utilizadas, para leigos, para identificar "Cerâmica Tradicional e Cerâmica de Alta Tecnologia"; o termo "Cerâmica Industrial" é, às vezes, também usado neste último sentido.

Notar que Cerâmica Fina (Japão) não é a mesma Cerâmica Fina = Louça Doméstica de alta

CLASSIFICAÇÃO DAS DEZ INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS
MAIS IMPORTANTES DESDE 1973

Inovação:	Nota
1º) Aplicações de integração em grande escala (Large scale scale integration applications):	397
2º) Biotecnologia (Biotechnology):	151
3º) Fibras ópticas (Fiber optics):	129
4º) Robôs industriais (Industrial robots):	104
5º) Cerâmica de Alta Tecnologia (Advanced Ceramics):	103
6º) Interferon (Interferon):	86
7º) Automação em escritório (Office automation):	77
8º) Outros materiais novos (Other new materials):	41
9º) Supercomputador (Super computer):	37
10º) Tecnologia espacial (Space technology):	32

Os efeitos desta "Febre cerâmica japonesa" nos outros países, especialmente nos EUA, acham-se descritos nas Referências (10; 11; 16). O que é, porém Cerâmica de Alta Tecnologia? A expressão se refere a um grupo amplo e diversificado de materiais cerâmicos, que não são fáceis de abranger em uma definição simples (12); seus característicos mais notáveis e específicos são os seguintes: (a) possuem um nível de desempenho muito bom; b) as especificações de uso são muito severas e rígidas, as quais se refletem nos controles de composição química e estrutural e nos processos de fabricação; c) possuem um valor de mercado muito alto, porque seu uso é baseado em propriedades muito específicas conseguidas (unique performance delivered), o que justifica um custo de produto elevado e um maior preço de venda por quilograma do material cerâmico de Alta Tecnologia, em comparação com os produtos da Cerâmica Tradicional.

Os produtos da Cerâmica de Alta Tecnologia são fabricadas a partir de partículas sólidas ultraminúsculas, de composição controlada e extremamente puras, conformados e sintetizados sob condições muito bem controladas; estas propriedades e os processos industriais de fabricação levam à produção de peças cerâmicas com característicos físicos, químicos e tecnológicos que

permitem um elevado desempenho sob as solicitações de uso (10).

As propriedades especiais e excepcionais que os materiais de Cerâmica Avançada possuem são conseguidas por meio de microestruturas no estado sólido e de composições químicas especiais, que necessitam de um controle muito severo e rígido ao longo dos estágios sucessivos do processamento cerâmico (12), o qual é executado em temperaturas elevadas, isto é, acima de 700°C.

Os produtos da Cerâmica Tradicional são fabricados a partir de "pós naturais", como aqueles de argilas, quer de minérios moídos, constituídos por partículas sólidas freqüentemente anisométricas e/ou angulares e apresentando uma faixa muito ampla, quer das freqüências, quer dos valores dimensões dessas partículas.

Nos produtos da Cerâmica de Alta Tecnologia, para conseguir peças muito resistentes mecanicamente e com as propriedades projetadas muito bem controladas, utilizam-se pós microdispersos, isto é, constituídos por partículas sólidas esféricas, todos com o mesmo diâmetro e, além disso, muito finas; estes pós são fabricados por processos da "Química dos Colóides"; os compostos químicos são geralmente óxidos e hidróxidos; podem ser obtidos, também, por reações químicas em que há nucleação e posterior crescimento do pó a

partir de fase gasosa; podem ser obtidos a partir de reações químicas em fase sólida ou em sistemas heterogêneos, casos em que são produzidos os nitretos e carbeto.

Este *desideratum* quanto às propriedades das matérias-primas até hoje não foi atingido satisfatoriamente: é, por isso, que atualmente, os produtos da Cerâmica de Alta Tecnologia ainda são fabricados a partir de pós finos proveniente da Indústria de Processamento Químico (com partículas com diâmetro abaixo de 1 micrômetro); com forma aproximadamente esférica, porém com faixas de distribuição granulométrica muito ampla; é, por isso, também que existem amplas oportunidades comerciais para o Brasil desenvolver a produção de *Óxidos Cerâmicos*, com partículas esféricas, com diâmetro uniformes (mono-dispersas), cujos valores são inferiores a 1 micrômetro.

Entretanto, um ponto importante deve ser enfatizado: a Cerâmica de Alta Tecnologia, tal como a Cerâmica Tradicional, *depende de matérias primas minerais naturais*; porém, na primeira, a seqüência de etapas do processamento destes minérios naturais ultrapassa, em complexidade, de muito, o "beneficiamento convencional simples" utilizado pela Cerâmica Tradicional; normalmente, são necessárias conversões químicas intermediárias, em escala industrial, para atingir o grau de pureza e as propriedades físicas e químicas desejadas, o que torna, necessariamente, muito cara a fabricação dessas matérias-primas para a Cerâmica de Alta Tecnologia. Repetindo: este fato abre oportunidade para o desenvolvimento de processos mais baratos para a obtenção dessas matérias-primas com propriedades específicas; esta é uma oportunidade para o Brasil, por exemplo, para a produção de alumina, de zircônia e de silício não-cristalino (amorfo) para Cerâmica de Alta Tecnologia.

CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS CERÂMICOS DE ALTA TECNOLOGIA

Fundamentalmente, os produtos e/ou peças cerâmicas de Alta Tecnologia podem ser divididos ou classificados, por função, em oito famílias ou grupos (11;13):

1º) *Mecanocerâmica* (componentes cerâmicas de máquinas; componentes cerâmicos de motores; componentes cerâmicos para cominuição ou moagem, ferramentas de corte cerâmicas).

2º) *Eletrocerâmica* (isoladores elétricos ou eletrocerâmica passiva; cerâmica eletrônica ou eletrocerâmica ativa).

3º) *Magnetocerâmica* (ímãs não-condutores de eletricidade com diferentes permeabilidades e histereses).

4º) *Termocerâmica* (produtos refratários estruturais avançados; produtos refratários isolantes térmicos).

5º) *Quimocerâmica* (produtos cerâmicos passivos para a Indústria Química; produtos cerâmicos ativos para a Indústria Química; catalisadores e adsorventes).

6º) *Optocerâmica* (Optocerâmica passiva; optocerâmica ativa).

7º) *Biocerâmica* (materiais cerâmicos para implantação humana e animal; materiais cerâmicos para Odontologia).

8º) *Cerâmica nuclear* (materiais cerâmicos nucleares passivos; materiais cerâmicos nucleares ativos).

A Tabela seguinte apresenta, para 1980 (11), o consumo mundial de produtos cerâmicos de Alta Tecnologia, em milhões de dólares norte-americanos:

Produto (*)	Japão	Outros
Pós cerâmicos (matérias-primas):	130	250
Circuitos integrados:	540	880
Capacitores:	325	750
Materiais piezoelétricos:	295	325
Termistores/Varistores:	125	200
Ferritas magnéticas:	380	480
Sensores de umidade e de gases:	5	45
Cerâmica translúcida:	20	45
Ferramentas de corte:	125	1025
Cerâmica Estrutural (resistente à temperatura e à abrasão):	120	250
<i>Total (Mundo Livre):</i>	2065	4250

Uma previsão, simplificada, para o mercado do futuro japonês para produtos cerâmicos de Alta

Tecnologia foi organizada pelas empresas Toshiba e Kyocera (**) (8) e é apresentada a seguir.

MERCADO FUTURO DO JAPÃO PARA CERÂMICA DE ALTA TECNOLOGIA (EM MILHÕES DE DÓLARES)

ÍTEM:	1982	1985	1990
Eletrocerâmica (Electro-Ceramics)	850	1800	2800/3300
Cerâmica Estrutural (Engineering Ceramics)	150	300	1160/4000
Refratários (Refractories)	260	630	1400/1950
Biocerâmica (Bioceramics)	4	6	acima de 4000
<i>Total</i>	1264	2736	9360/13.250

(*) Excluídos: combustíveis nucleares: velas de ignição e fibras ópticas

(**) Kyocera = Kyoto Ceramics Inc.

É enfatizado (8), segundo estas duas empresas, que a Biocerâmi-

ca irá crescer, de um pequeno mercado em 1982-1985, dá ordem

de 4 a 6 milhões de dólares para um mercado, em 1990, *superior a 4 bilhões de dólares*. Infelizmente, não são apresentadas as bases ou dados para estas previsões; de qualquer maneira, esta é uma área que deve ser considerada com cuidado pelo Brasil, porque pode ser interessante economicamente.

As peças, cujo corpo cerâmico é constituído por, ou contém, materiais cerâmicos de Alta Tecnologia, são usadas em equipamentos nos quais elas podem desempenhar alguma função, física ou química, muito melhor do que materiais metálicos ou materiais polimerizados ("plásticos") e mesmo que a Cerâmica Tradicional.

Muitas dessas aplicações baseiam-se nas propriedades especiais e específicas destes materiais cerâmicos, tais como; propriedades eletromagnéticas (dielétricos e isolantes); baixa reatividade (elevada inércia química); elevada dureza; elevada resistência mecânica a tração, à compressão e à torção; bom desempenho mecânico e eletromagnético em temperaturas acima de 700°C; frequentemente, estas propriedades são conjugadas de forma a se obter melhores valores destas propriedades químicas e físico-mecânica.

O "corpo cerâmico" destes produtos cerâmicos de Alta Tecnologia é constituído por materiais cerâmicos, geralmente cristalinos, gerados pela queima (sinterização) de peças constituídas por matérias-primas cristalinas, pulverulentas e muito puras. Atualmente materiais cerâmicos de maior interesse para a Cerâmica de Alta Tecnologia são carbônetos, nitrêtos, borêtos e óxidos metálicos, bem como materiais conjugados (compósitos — "composites") desses materiais.

As matérias-primas são pós cristalinos destes compostos químicos inorgânicos não-metálicos: especificamente, o maior interesse está nos compostos: nitrêto de silício; carbêto de silício;

carbeto de boro; diboreto de titânio e alumina especial resistente ao impacto (phase transformation toughened). As matérias-primas são pós de alta pureza, com granulometria muito fina, de reprodutibilidade uniforme em todas as propriedades, com partículas individualizadas, isto é, não-agregadas e com formato esférico, monodimensionais ou com uma faixa estreita dos valores do diâmetro das mesmas; são matérias-primas caras (13): o custo das matérias-primas, nos produtos cerâmicos tradicionais, podem atingir até 20% do custo de produção, isso nos países economicamente desenvolvidos, enquanto, nos produtos cerâmicos de Alta Tecnologia podem ultrapassar 50% do custo de produção das peças manufaturadas.

Quais são as características desses materiais especiais usados em Cerâmica de Alta Tecnologia?

FAMÍLIAS PRINCIPAIS DE MATERIAIS CERÂMICOS DE ALTA TECNOLOGIA

É possível desenvolver também uma classificação das famílias ou grupos da Cerâmica de Alta Tecnologia com base na natureza química dos materiais que entram nesses grupos.

Nitrato de Silício (Si_3N_4): tem atraído grande atenção e é um dos materiais mais prováveis para um grande crescimento futuro. Ocorre em duas fases cristalinas, alfa e beta, de modo que as porcentagens relativas dessas fases na peça cerâmica são importante, bem como a pureza das fases (no sentido clássico, isto é, em teores dos elementos químicos) é também fator muito importante. Pós com teor da fase alfa da ordem de 90% (m/m) e com partículas aproximadamente esféricas, com diâmetro uniforme médio entre 0,7 micrômetros e 1,0 micrômetros, já são comercialmente avaliáveis nos EUA e na Europa.

Estes pós são difíceis de sinterizar, em parte devido à elevada pressão produzida por dissociação

em temperaturas elevadas: assim, a sinterização sob pressão é utilizada na fabricação de peças de nitrato de silício: são identificados com as siglas "HPSN" (hot pressed silicon nitride = nitrato de silício prensado a quente) e "GPSSN" (gás pressure sintered silicon nitride = nitrato de silício sinterizado sob pressão de gás), bem como "RBSN" (reaction bonded silicon nitride = nitrato de silício ligado por meio de reação química).

Pequenos teores de óxidos metálicos são adicionados usualmente para facilitar a sinterização (catalisadores de sinterização) e para permitir a fabricação de peças com elevada resistência mecânica e boas propriedades físicas e químicas; estas propriedades são extremamente dependentes da microestrutura (textura dos grãos e estrutura cristalina ou não-cristalina das fases componentes) do material cerâmico, formada durante a sinterização e que podem variar consideravelmente para mesmos materiais de mesma composição química nominal, por exemplo, em materiais contendo, todos, 99% de Si_3N_4 . Infelizmente, os aditivos (catalisadores) de óxidos levam, com o envelhecimento, a uma diminuição da resistência mecânica acima de 1000°C.

Um processo industrial optativo (para o RBSN) é o de conformar uma peça porosa de silício não-cristalino ("amorfo") e converter a peça em nitrato de silício por reação química com nitrogênio em temperaturas elevadas; desse processo, resulta um corpo cerâmico que possui uma resistência mecânica menor em temperaturas baixas, porém que mantém o valor dessa resistência durante períodos longos de tempo acima de 1000°C.

Obviamente, o tipo (fase) de nitrato de silício para ser usado nas peças cerâmicas deve ser escolhido "sob medida" para os usos específicos e solicitações no desempenho a que se destinam. Peças de nitrato de silício possui um

coeficiente dilatação térmica pequeno, o que é bom para resistir ao choque térmico (thermo clash), porém é inadequado para uso em conjugados com ligas contendo ferro.

Existe uma grande quantidade de pesquisa para o desenvolvimento de melhores pós de nitrato de silício e o mercado internacional é, potencialmente, muito grande, mas, infelizmente para o Brasil, a competição é muito grande.

Provavelmente, a produção de pó de silício não-cristalino (amorfo) elementar, de alta pureza ou dopado (isto é, com a adição controlada de certos elementos químicos) é uma oportunidade comercial para o Brasil, além dos "Biomateriais" para implantes humanos e animais.

Carbeto de silício (SiC) é o material que é o maior competidor do nitrato de silício como material componente de peças daquilo que se chama "Cerâmica Estrutural Avançada" (Advanced Structural Ceramics) (*). O uso de carbeto de silício como abrasivo é muito antigo (14); como ligante usa-se silício elementar ou uma argila refratária plástica, como a argila de São Simão, SP.

Uma nova família de peças industriais começa a ser produzida com a descoberta de processos

(*) A expressão "Cerâmica Estrutural" vem sendo usada, no Brasil e na Itália, como sinônimo de Cerâmica Vermelha (tijolos; telhas; pisos; manilhas; agregado leve; peças vasadas; peças utilitárias) (9). Entretanto, modernamente, Cerâmica Estrutural Avançada ou Cerâmica Estrutural é definida (7) da seguinte maneira: CERÂMICA ESTRUTURAL (Structural Ceramics) — entende-se, atualmente, por "material cerâmico estrutural" aquele material cerâmico dentro dos grupos da cerâmica de Alta Tecnologia que é usado em equipamentos que devem apresentar bom desempenho sob solicitações de altas temperaturas e sob solicitações mecânicas elevadas (ref. 7, p. 3); esses materiais são PSZ = zircônia parcialmente estabilizada; nitrato de silício; carbeto de silício; alumina especialmente preparada para obtenção de alta tenacidade, isto é, para resistir a impactos (phase transformation toughened alumina); materiais conjugados (composite materiais); portanto, não deve ser confundida com Cerâmica Vermelha (9).

industriais de sinterização do SiC até a densidade real teórica, pelo uso de aditivos (catalisadores). O SiC também ocorre em fases alfa e beta, ambas sinterizáveis até as densidades reais teóricas. As siglas usadas para designar estes materiais são: "Alpha-SSC" (alpha phase sintered silicon carbide = carbeto de silício alfa sinterizado); "Beta-SSC" (beta phase sintered silicon carbide = carbeto de silício beta sinterizado); "HPSC" (hot pressed silicon carbide = carbeto de silício prensado a quente).

Os dois, carbeto de silício e nitrato de silício, possuem excelente resistência mecânica e moderada tenacidade (toughness); as propriedades de ambos são adequadas para um grande número de aplicações industriais, especialmente para motores de combustão com o bloco e componentes cerâmicos, isto é, para o "motor cerâmico" (15). A pesquisa de ponta visa fabricar industrialmente peças de formatos complexos e com grandes dimensões com esses dois materiais: isso é um dos grandes desafios tecnológicos do presente (12).

Zircônia (ZrO₂ parcialmente estabilizada PSZ = partially stabilized zirconia): tem tido uso industrial restrito há várias décadas. Sem a "estabilização", a zircônia transforma-se, rapidamente, de uma estrutura cristalina monoclinica em uma estrutura tetragonal, reversível de forma cíclica, com o aquecimento e o resfriamento. A adição de um óxido "estabilizador" (por exemplo: 10% de MgO) mantém a estrutura cristalina do material no sistema cúbico: a estabilização parcial produz uma fase cúbica com inclusões de uma fase de transição (transforming phase).

Há cerca de quinze anos foi descoberto que se as partículas, aproximadamente esféricas dessa fase tivessem diâmetro bem inferior a 1 micrômetro, a resistência mecânica e a tenacidade do material (PSZ) tornavam-se muito maiores, fato esse que abriu uma

nova era para a Cerâmica Estrutural Avançada. A possibilidade adequada de uma conjugação com as ligas ferrosas (devido ao bom coeficiente de condutibilidade térmica), a dureza razoável e a baixa condutividade térmica fazem a "Zircônia Parcialmente Estabilizada" um bom material de construção para a Cerâmica Estrutural Avançada; infelizmente, o seu emprego está limitado a temperaturas não muito altas, porque a resistência mecânica cai a 700°C para a metade do valor que possui às temperaturas ambientes e para um quarto desse valor a 1000°C.

Óxido de Alumínio (Al₂O₃ ou Alumina): é o material cerâmico, moderno e de alta tecnologia, mais conhecido atualmente pela variedade ampla de peças e produtos em que vem sendo utilizado na forma alfa ou còrindom: velas de ignição para motores de combustão; abrasivos (alundum); componentes resistentes à abrasão na Indústria Têxtil; bicos para nebulizadores de pesticidas; suportes para catalisadores; produtos refratários de alta alumina; peças para a Indústria Química e Elétrica; substratos isolantes para a Eletrônica; peças transparentes para lâmpadas de vapor de sódio de alta intensidade luminosa (por exemplo: aquelas da Via Anchieta, entre São Paulo e Santos); na forma gama: como catalisador, por exemplo, no processo Claus para a produção de enxofre na conversão química: $SO_2 + 2H_2S = 3S + 2H_2O$ ou no processo de desidratação, a 300°C, do etanol em eteno pela conversão: $CH_3.CH_2.OH = C_2H_4 + H_2O$.

Há cerca de 30 anos, a alumina era considerada o material cerâmico mais importante para o Futuro; atualmente, sem perder este papel importante na Cerâmica de Alta Tecnologia (16), ela já tem competidores importantes, alguns até melhores; estes novos materiais oferecem melhores valores para as seguintes propriedades: elevada dureza, constante dielétrica bem definidas; piezo-

eletricidade; resistência mecânica elevada em altas temperaturas; condutividade iônica elevada; elevada permeabilidade magnética; transparência óptica; ponto de fusão elevado; elevada resistência à corrosão e à abrasão; elevada resistência às radiações e bons valores do quociente massa/volume (densidade aparente).

O óxido de alumínio produzido a partir do processo Bayer pelo ataque alcalino da bauxita é um produto químico industrial que contém um teor, elevado e, por isso, inadequado, de ferro, silício e sódio para ser considerado adequado como matéria-prima para a Cerâmica de Alta Tecnologia. Estudos para o desenvolvimento de processos para a produção industrial de alumina alfa e de alumina-gama de alta pureza para Cerâmica de Alta Tecnologia e para catalisadores para a Indústria Química estão em andamento, atualmente, em indústria brasileira.

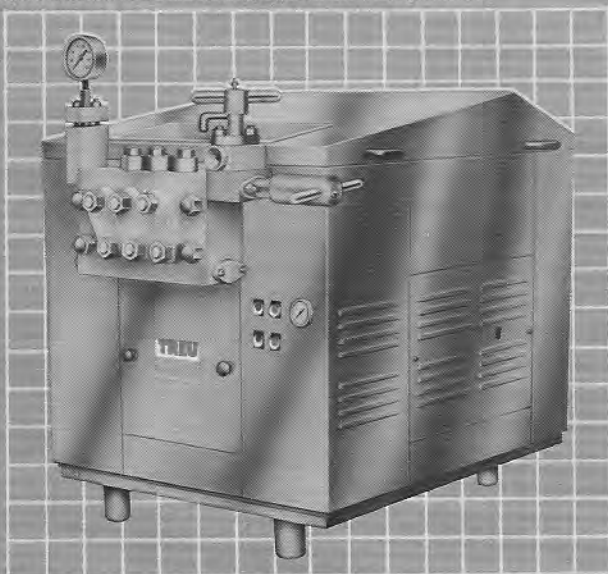
Nos EUA e na Europa já existe, comercialmente, alumina como pó com até 99,99% de Al₂O₃ e constituído por partículas esféricas com diâmetro uniforme de 0,5 micrômetros. Os mercados atuais de lâmpadas de vapor de sódio e de substratos para circuitos de Eletrônica fazem com que a produção de alumina, como matéria-prima e em peças, seja um negócio (business) em amplo desenvolvimento e em expansão, porém é muito competitivo.

Resistência mecânica à compressão superior a 350 MPa pode ser obtida em peças sinterizadas da forma usual; valores até 700MPa podem ser obtidos por compressão a quente, porém esse processo é muito caro e está restrito a poucos formatos das peças. Contudo, a pequena tenacidade da alumina vinha limitando o seu uso para a Cerâmica Estrutural Avançada. A aplicação do modelo de "transformação para aumento de tenacidade", utilizado com sucesso para a zircônia parcialmente estabilizada (PSZ),

PRODUTO FINAL HOMOGENEO

HOMOGENEIZADORES TREU

A TREU, com longa tradição como fabricante de máquinas e equipamentos de alta qualidade para a indústria alimentícia e de processo, oferece uma linha completa de homogeneizadores e bombas sanitárias de alta pressão.



Pela compressão dos produtos a pressões elevadas, na ordem de 100 a 500 bar, seguida de brusca expansão através de uma válvula especial, as partículas são reduzidas para o tamanho de microns ou sub-microns, resultando em suspensões e emulsões de alta estabilidade e qualidade uniforme.

Alguns produtos que podem ser processados em homogeneizadores TREU:

Produtos Alimentícios

Laticínios, massas de sorvetes, produtos de frutas, cremes e recheios.

Produtos Farmacêuticos e Cosméticos

Loções, suspensões, cremes, pastas dentífricas e esmaltes de unhas.

Produtos Industriais

Derivados de petróleo, resinas, tintas e coberturas de papel.

Qualquer que seja o seu problema de homogeneização de produtos, consulte a TREU.

TREU

TREU S.A. - MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS
Av. Brasil, 21.000 - CEP 21510 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (021) 372-6633 - Telex: (021) 21089
Rua Conselheiro Brotero, 589 - Conj. 92 - CEP 01154
São Paulo - SP - Tel.: (011) 826-3500 e 826-3052

Artrec Publicidade

AUTOMÓVEIS

Progresso realizado no Brasil em 30 anos

Em 1956 começou no Brasil a indústria de veículos automotores. Era presidente da República Juscelino Kubischek de Oliveira, uma figura excepcional de dinamismo e capacidade de realização. Ativo, alegre, vendo longe o futuro dos que trabalham e têm fé no esforço bem dirigido, JK idealizou construir grande indústria automobilística.

Estava o país com 62 milhões de habitantes, com uma renda *per capita* de 205 dólares. Na época o estágio tecnológico do país era comparado com o dos EUA de 1860.

Partiu-se do zero. Criou-se o GEIA (Grupo Executivo da Indústria Automobilística). Havia pessimismo da parte de muitos que deveriam estar inflando de força construtiva.

Em 1958 já fabricava o Brasil mais automóveis do que importávamos. Em 1961 éramos auto-suficientes. Em 1973 iniciamos a exportação. Veio a crise do petróleo. Recorremos ao álcool. Em 1979 já se encontrava iniciada a produção em série do carro movido a álcool etílico. Tornava-se o Brasil o único país do mundo a ter no álcool uma verdadeira alternativa, a liberdade de alternar.

Houve muita ave agoureira no estrangeiro, nos países de alta tecnologia. Dizia-se que o Brasil não poderia levar adiante o programa; que as bases tecnológicas eram falsas. Duvidavam até do nosso preço de custo, tão baixo em comparação com o que esperavam. Vieram aqui ver de perto. Viram. E foram-se embora.

Atualmente, o Brasil, 30 anos depois de iniciar a produção, está com uma indústria automobilística com capacidade instalada de fabricação de 1 300 000 unidades/ano.

Já produzimos 18 000 000 de unidades.

Encontramo-nos na lista dos maiores exportadores. Os veículos automotores brasileiros estão rodando em 120 nações, quer dizer, 3/4 dos países mundiais.

Com 135 milhões de habitantes, o Brasil tem uma renda *per capita* de 1 700 dólares.

Este artigo é baseado na publicação "Trinta anos de indústria automobilística, caminhonística e trato-rística", Anfávea. 30 anos. O Brasil a mil por hora".

para fabricar alumina com maior tenacidade (TTA = transformation toughened alumina) está mudando completamente essas restrições para Cerâmica Estrutural, pois altos valores da resistência mecânica e da tenacidade já são obtidos para PSZ e TTA; economicamente, TTA é uma vantagem, pois são necessários apenas 15% de ZrO_2 , muito mais caro do que a alumina. Essa é uma outra possibilidade econômica para o Brasil: fabricar TTA.

Um outro exemplo de material para Cerâmica Estrutural Avançada são os materiais conjugados (em inglês: composites; às vezes traduzidos como "compósitos") "Cerâmica-Cerâmica" (os casos mais conhecidos são "cerâmica-metal", denominados cermêtos, usados em pás de hélices: são fabricados com alumina + cobalto ou níquel); estes materiais são fabricados com "fibras cerâmicas" (18) dispersas em matriz de um vidro ou de uma "vitro-cerâmica" (19) (exemplos SiC-LAS = fibras de carbeto de silício em uma vitro-cerâmica de silicato de alumínio e lítio); com esses materiais conjugados é possível conseguir excelente resistência mecânica até 1000°C e valores elevados da tenacidade, valores esses da mesma ordem de grandeza que os metais; infelizmente, esses materiais somente podem ser fabricados por compressão a quente, o que é muito caro e limita o formato das peças a serem fabricadas; além disso, há o problema de oxidação do carbeto de silício no caso de trincas exporem as fibras ao ar. Materiais conjugados desse tipo é o que se chama, hoje, da "3ª geração de Cerâmica Estrutural Avançada"; a 1ª Geração é a Cerâmica Tradicional" e a 2ª Geração é a "Cerâmica de Alta Tecnologia".

O PROCESSAMENTO INDUSTRIAL PARA A CERÂMICA DE ALTA TECNOLOGIA

O processamento industrial usual dos materiais cerâmicos cristalinos para a fabricação de

Cerâmica de Alta Tecnologia segue o fluxograma seguinte:

A) Materiais de Partida (Matéria Prima Natural ou Sintética).

B) Processamento Industrial para o grau purificação desejado e o controle das propriedades finais do pó (matérias-primas para a fabricação de peça cerâmica); às vezes, é chamado "Síntese do Pó".

C) Fracionamento desejado das dimensões das partículas do pó em um intervalo estreito de dimensões, geralmente da ordem de 1 micrômetro ou menos.

D) Adição de líquidos voláteis; dispersantes; plastificantes; ligantes; aditivos (catalisadores e dopantes); mistura e controle das propriedades reológicas.

E) Conformação e consolidação mecânica das peças por secagem.

F) Sinterização das peças consolidadas em temperaturas elevadas e em atmosfera controlada.

G) Usinagem das peças queimadas para acabamento final, se necessário.

H) Inspeção; armazenagem e distribuição comercial.

Os processos químicos industriais usados, referidos no item B), para a fabricação dos pós usados como matérias-primas nos processos industriais de produção de Cerâmica de Alta Tecnologia são: a matéria-prima natural é transformada em metal ou no elemento químico por meio de conversões químicas e operações unitárias da Indústria Química; neste processo, o composto ou o elemento químico é levado ao grau de pureza desejado e eliminadas as "impurezas nocivas" ao processamento futuro para a Cerâmica de Alta Tecnologia.

O metal é, por meio de conversões químicas, transformado em sais solúveis ou em compostos metalorgânicos voláteis. Os elementos, como o silício, podem ser transformados em silicatos orgânicos ou tetracloreto de silício, todos voláteis: estes compostos químicos podem, então, sofrer a grande purificação desejava-

da, por meio de operações unitárias de separação, tais como a cristalização e a destilação fracionada; em seguida, tem-se a conversão em carbonato ou nitrato ou hidróxido, quer por cristalização ou precipitação em meio líquido, quer por reação química em fase de vapor; nesta etapa costuma-se coprecipitar os elementos ou os aditivos usados como catalisadores ou dopantes.

O carbonato, ou o nitrato ou hidróxido é transformado em óxido, com a estrutura cristalina desejada, por calcinação em uma temperatura adequada. O controle da distribuição granulométrica, especificamente da obtenção de partículas esféricas, monodispersas e com diâmetro da ordem de 1 micrômetro ou menos, é feito na precipitação, ou na cristalização e/ou na calcinação, procurando evitar, ao máximo, a necessidade de cominuição do pó.

É óbvio que variantes novas existem, e/ou estão sendo pesquisadas, para reduzir o custo elevado da produção das matérias primas para a Cerâmica de Alta Tecnologia, produção essa que é um exemplo típico de Indústria de Processamento químico.

Desta descrição, pode ser facilmente concluído que o processamento industrial para a fabricação de produtos cerâmicos de Alta Tecnologia nada mais é do que a conjugação de dois processos industriais em série: o primeiro é o da "fabricação da matéria prima", o qual seria o equivalente ao "beneficiamento da matéria-prima natural" da Cerâmica Tradicional e o segundo seria aquele da fabricação propriamente dita das peças de Cerâmica de Alta Tecnologia; o primeiro compreenderia os itens A) B); C); o segundo seriam os itens D) até H).

CERÂMICA DE ALTA TECNOLOGIA NO BRASIL

A Cerâmica Tradicional é altamente desenvolvida no Brasil, sendo fabricados praticamente todos os produtos de 1ª geração;

nestes produtos pode existir uma elevada, grande sofisticação, quer nas matérias-primas, quer no processamento industrial, quer nas exigências técnicas quanto às propriedades; um exemplo é o caso da "porcelana de alumina", das velas de ignição para motores de combustão fabricados pela NGK do Brasil; analogamente, têm-se as peças de alumina fabricadas na usina de óxidos cerâmicos do IPT em São Paulo para a Indústria Têxtil e para o reator nuclear do IPEN.

Quanto à Cerâmica de Alta Tecnologia já existem trabalhos fundamentais promissores na fabricação de quartzo e de fibras ópticas em Campinas. A Metal Leve está desenvolvendo a fabricação de alumina de alta pureza, com base nos estudos do Prof. Casarini no Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos; a Alcoa também está trabalhando com esse grupo para alumina de propriedades especiais; óxido de zircônio e óxido de zinco estão sendo estudados pelo Prof. Varela e colaboradores, em São Carlos e Araraquara; vitro-cerâmica, inclusive a partir de basalto paulista vem sendo estudada pelo Prof. Zanotto, em São Carlos, e pelo Dr. Colin Rouse do IPT de São Paulo; o processo sol/gel está sendo estudado pelo Prof. Aegeter e colaboradores no Instituto de Física e Química da USP no Campus de São Carlos. No CTA, em São José dos Campos, está sendo estudado o emprego de alumina e zircônia para motores de combustão pelo Prof. Devezas, além de produtos de grafita. No IME, no Rio de Janeiro, e na ENGESA está sendo desenvolvido o uso de alumina em placas de proteção de carros de combate e em couraças cerâmicas. No IPEN-CNEN, em São Paulo, peças cerâmicas nucleares vêm sendo produzidas pelos Dr. Freitas e colaboradores, especialmente o casal Drs. Bressiani. No Laboratório de Microscopia Eletrônica, do Instituto de Física, da USP, vêm

sendo estudadas sistematicamente, por métodos eletro-ópticos, as transformações topotáticas, com a temperatura, de vários compostos químicos, especialmente dos vários tipos de hidróxidos de alumínio sintéticos pela Dra. Helena de Souza Santos e colaboradores. A síntese de compostos de alumínio com pureza controlada, a partir de alumínio metálico puro, vem sendo desenvolvida pelo autor e colaboradores. Descrição destas atividades destes pesquisadores pode ser encontrada nos artigos publicados, nos últimos três anos, na revista *Cerâmica*, da Associação Brasileira de Cerâmica.

CONCLUSÕES

Abriu-se com a Cerâmica de Alta Tecnologia uma nova era nos processamentos industriais em Cerâmica e nos usos dos materiais cerâmicos. Naturalmente, a Cerâmica de Alta Tecnologia tem e mantém as suas raízes nos conhecimentos científicos e tecnológicos da Cerâmica Tradicional.

Produtos cerâmicos de Alta Tecnologia constituem um conjunto importante de materiais com boas possibilidades para um rápido crescimento do mercado consumidor. O desenvolvimento completo do crescimento futuro das aplicações destes materiais depende de novas técnicas de processamento industrial dos pós cerâmicos e de melhores matérias-primas especiais. Existe competição intensa entre diversas famílias dos novos produtos de Cerâmica Avançada; também entre os materiais cerâmicos e os outros materiais; muita competição existe entre empresas, países desenvolvidos para porções destes novos mercados em Cerâmica de Alta Tecnologia.

Alguns países em desenvolvimento podem ter algumas possibilidades para a Cerâmica de Alta Tecnologia por oferecerem custos vantajosos da mão-de-obra, porém a complexidade das tecnologias de processamento torna quase essencial uma *joint venture*

com uma empresa estrangeira que domine esta nova tecnologia; segundo a Referência (12), os países em desenvolvimento devem estudar (e manter sob observação contínua) os avanços e as novidades nos produtos da Cerâmica de Alta Tecnologia; esta atividade deve ter os dois objetivos prioritários seguintes: 1º) para descobrir ou identificar uma parte ou fração do processo industrial de fabricação de uma ou mais peças ou componentes de Cerâmica de Alta Tecnologia que estes países possam produzir de forma economicamente rentável; 2º) para descobrir partes das novas tecnologias de processamento industrial da Cerâmica de Alta Tecnologia para adaptá-las aos processos em uso atual para a produção da Cerâmica Tradicional.

REFERÊNCIAS

1. American Ceramic Society — Objective criteria in Ceramic Engineering — American Society for Engineering Education, Urbana 1963; ver também: Souza Santos, P. — *Cerâmica*, 32(196), 13-A (1986).
2. AUSTIN, G.T. — Shreve's Chemical Process Industries^{3rd} Edition, p. 149, McGraw-Hill, N.Y. 1984.
3. LEOVERSPIEL, O. — Engenharia das Reações Químicas, vol. 1 p.1. Editora Edger Blücher e EDUSP, São Paulo, 1974.
4. SHREVE, R.N. — Chemical Process Industries, 3rd Edition, p.7, McGraw-Hill, N.Y. 1967.
5. NORTON, F.H. — Fine Ceramics: Technology and Applications, Kruger Publishing; Huntington, New York, 1978.
6. KINGERY, W.D., BOWEN, H.K. e UHLMANN, D.R. — Introduction to Ceramics, 2nd Ed. p. 16. Wiley, New York, 1976.
7. McLAREN, M.G. WACHTMAN Jr., J.B. e WALTERS, S.G. — Converting ceramic science into technology — Mimeographed, p.2.; Center for Ceramics Research, Rutgers University, New Brunswick, N.J., 1981.
8. WACHTMAN Jr., J.B. — Ceramic fever: Advanced Ceramics in Japan — *Ceramic Industry* 121(12); 21 (1983).
9. SOUZA SANTOS, P. — Cerâmica Vermelha ou Cerâmica Estrutural — *Cerâmica* 27(139); 27A (1981).
10. WESTWOOD, A.R.C. — High Technology Ceramics in Japan, p.57, U.S. National Academy Press, Washington, 1984; ou também: *Amer. Ceram. Soc. Bull.* 61(9); 924 (1982).
11. KENNEY, G.B. e BOWEN, H.K. Technology Ceramics in Japan: current and future markets — *Amer. Ceram. Soc. Bull.* 62(5); 590 (1983).
12. WACHTMAN Jr., J.B., McLAREN, M.G. — New Ceramics — Advances in Materials Technology Monitor, p.2. UNIDO, New York, 1984.
13. FRANCIS, T.L. — Advanced Ceramics in the United States — *Intereram* n.º 2, P. 31 (1985).
14. TONE, F.J. — The quest for hard materials — *Ind. Eng. Chem.* 30(2); 232 (1938).
15. DEVEZAS, T. — Emprego de Cerâmicas especiais em máquinas de combustão interna: estado da arte e previsão tecnológica — *Cerâmica* 31(187); 147 (1985).
16. REH, H. — High performance ceramics — *Intereram* n.º 2, p. 36 (1986).
17. SOUZA SANTOS, P. — Fibras inorgânicas sintéticas não-metálicas *Cerâmica* 26(123); 59 (1980).
18. PRINDLE, W.R. — Pesquisas e desenvolvimento em Cerâmica na "Corning Glass Works" — *Cerâmica* 29(166); 273 (1983).

ACABA DE SER PUBLICADO O LIVRO

MATÉRIAS PRIMAS E ENERGIA

SÉRIE QUÍMIA E TECNOLOGIA

Pelo Químico Jayme da Nobrega Santa Rosa
Diretor e Redator da Rev. de Quím. Ind.

Este livro é constituído de artigos, de uma composição para conferência e de duas contribuições para congresso de química, todos publicados na *Revista de Química Industrial*, subordinados aos assuntos matérias primas e fontes de energia.

Tratam os capítulos deste livro, às vezes, de realizações do passado — que redundam em experiência acumulada; das atividades do presente — que mostram os desenvolvimentos em plena ação; e das perspectivas dos tempos que hão de vir — que fazem pensar e orientam as pesquisas científicas nos dias atuais.

*A procura de soluções
para a vida futura*

*Problemas químicos para
os químicos resolverem*

*A Química em ação pacífica
conquista o Mundo*

PREÇO DE LANÇAMENTO: O EXEMPLAR Cr\$ 20 000

Capítulos do livro *Matérias Primas e Energia*

- Prefácio
- 1 — Química, Antiga Ciência Criadora de Bens Materiais
- 2 — Pesquisa Tecnológica, Antiga Ciência da Procura e da Consecução
- 3 — Celulose para o Brasil e o Mundo
- 4 — Celulose e Papel, Indústria sugerida para o RN
- 5 — Melaço, Subproduto de Grande Valor
- 6 — Açúcar, Matéria Prima para a Indústria de Alimentos Protéicos
- 7 — Babaçu, Matéria Prima Enganosa
- 8 — Café, Bebida Nacional do Brasileiro
- 9 — Carnaúba, Fonte de Utilidades e Matérias Primas
- 10 — Petroquímica e Matérias Primas Renováveis
- 11 — Matérias Primas para a Futura Indústria Química Orgânica
- 12 — Etanol como Matéria Prima da Indústria Química
- 13 — Estamos voltando ao Reino das Plantas
- 14 — Energia Solar para a Indústria da Região Semi-Árida
- 15 — Hidrogênio e Oxigênio produzidos por transformação de Energia Solar em Química
- 16 — Energia Solar para o Seridó
- 17 — Energia do Vento para Fins Industriais no Nordeste
- 18 — O Feitiço da Energia Nuclear
- 19 — O Transitório Reinado do Petróleo e da Petroquímica
- 20 — Petróleo, Energia, Indústrias Químicas
- 21 — Combustíveis e Fontes de Energia
- 22 — Que Formas de Energia podem mover o Mundo?
- 23 — Normalização para o Consumo de Combustíveis de Petróleo
- 24 — O Petróleo navega no Bojo da Crise Mundial
- 25 — O Emprego do Hidrogênio como Combustível em Automóvel

PEDIDO

EDITORA QUÍMICA DE REVISTAS TÉCNICAS LTDA.

R. da Quitanda, 199 - Gr. 804/805 - Tel.: (021) 253-8533

CEP 20092 - Rio de Janeiro - RJ



Junto vai um cheque de Cr\$ para aquisição de
exemplar(es) do livro "Matérias Primas e Energia".

Nome

Endereço

CEP CIDADE ESTADO

Preço de cada exemplar do livro (preço de lançamento): Cr\$ 20 000

Cheques e remessas, em nome de
EDITORA QUÍMICA DE REVISTAS TÉCNICAS LTDA.

Uma revista...

Com mais de 55 anos de vida, editada mensalmente, sem interrupção, desde fevereiro de 1932. Revista tradicional que, sob o aspecto da Tecnologia, vem prestando valiosos serviços às atividades químicas e de produção. Linguagem simples, direta. Artigos claros, sintéticos, com base científica.

A mais antiga publicação técnica mensal, dedicada às indústrias químicas, em circulação contínua no país

Artigos de colaboração por eminentes profissionais químicos e por notáveis especialistas. Artigos da redação sobre produtos da Química moderna, energia e combustíveis, matérias primas, novos processos de fabricação mais econômicos, inovações técnicas, descobertas de novos produtos, recentes progressos tecnológicos, conquistas científicas referentes ao bem-estar humano (nutrição, saúde).

Biotecnologia

Conjunto de técnicas de produção industrial. Fermentação, Engenharia genética, Fusão de células, Cultura em massa de tecidos (de plantas), etc. Materiais biofuncionais, Biopolímeros, Biorreatores, Biomimética, Produção de compostos químicos, fármacos, forragens, alimentos, etc.

Produtos e técnicas

Polissacarídeos, Ligas metálicas armazenadoras de hidrogênio, Engenharia de proteínas, Supermateriais, Cerâmica fina funcional, Combate à poluição, Energia, Membranas separadoras, etc. Novos caminhos na produção.

Tecnologias produtivas. Novos processos. Operações industriais contínuas. Utilização de biomassa e resíduos. Inventos para a indústria.



Revista de Química Industrial

Editora Químia de Revistas Técnicas Ltda.

RUA DA QUITANDA, 199 - SALAS 804/805

Telefone (021) 253-8533

20092 — RIO DE JANEIRO — RJ