

COMPORTAMENTO DE MATERIAL FRÁGIL SUBMETIDO A IMPACTOS DE BAIXA VELOCIDADE DE ARMA DE AR COMPRIMIDO

Bruno Henrique Marinho de Lima¹
Wanderley Ferreira de Amorim Júnior²

INTRODUÇÃO

No nosso cotidiano é possível perceber que ocorre uma evolução muito grande quando destacamos os aspectos relacionados a armas e munições dos mais diversos calibres. Assim a necessidade de obter informações sobre variedade de blindagens existentes se torna cada vez mais latente. Portanto, o surgimento de novos materiais e suas combinações de características peculiares se tornam bastante atrativos.

Os acontecimentos da vida moderna das grandes cidades objetivam sempre a segurança como um de seus aspectos mais importantes, logo, a blindagem ocupa seu papel diante do que é visto para proteção de veículos, escudos e cabines de policiamento.

Desta forma, a blindagem caracteriza-se como sendo: blindagem opaca ou transparente. Diante da dificuldade de se desenvolver um projeto blindagem balística eficiente, de baixo peso e que garanta conforto visual é bastante plausível realizar um estudo mais aprofundado através de análises do comportamento de um material frágil, o vidro soda-cal, e um laminado adesivo de PVC impactado por projéteis de baixa velocidade.

A metodologia utilizada foi de arranjo experimental e única, desenvolvida exclusivamente para este projeto. Amostras de vidro comum associadas com um laminado de PVC autoadesivo foram montadas como corpos de prova em um túnel balístico e impactadas por esferas de aço cromo disparadas por um armamento de ar comprimido e observado seus resultados. Ensaios de dureza e de queda livre também foram realizados para se observar o comportamento de tais experimentos.

De acordo com o arranjo adotado, foi possível afirmar que ocorreram comportamentos com características semelhantes e outras distintas.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

A metodologia utilizada apresenta características essencialmente experimentais visando a solução de problemas. Ela pode ser basicamente dividida em seis fases distintas:

1. Projeto Informacional: interpretação e limitação dos requisitos disponíveis de forma clara e objetiva, em que se obteve todas as informações possíveis para o desenvolvimento do trabalho através de pesquisas em artigos científicos, livros e normas existentes;
2. Projeto Conceitual: busca-se apresentar na forma de diagramas e desenhos esquemáticos a visualização das ideias que melhor atendem à demanda de projeto;

¹ Graduando do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, brunohenrique.engmec@gmail.com;

² Professor orientador: Professor Adjunto da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, engenhariabrasileira1@gmail.com.

3. Projeto Preliminar: Estabelecer materiais e dimensões que resistam aos esforços solicitados em conformidade;
4. Projeto Detalhado: Com os processos de fabricação e as normas vigentes no país, quanto à segurança operacional e a confiabilidade do produto, detalhando a documentação para a construção do protótipo;
5. Fabricação: Faz-se uso dos recursos disponíveis em termos de fabricação e montagem, para a obtenção da forma física estabelecida e dimensionada nas fases anteriores;
6. Teste de Validação: para saber se atende às especificações de projeto e, conseqüentemente, a demanda inicial.

DESENVOLVIMENTO

O comportamento balístico dos materiais depende dos aspectos de deformação e de suas respostas dinâmicas geradas em relação a estes aspectos. A deformação é uma variável que depende do tipo de estrutura cristalina, de ligação atômica, do tipo de microestrutura, estado de tensões e condições de ensaio. E de acordo com tal comportamento, as respostas podem ser traduzidas em ondas (Rizov V. et al, 2008).

Durante o momento de impacto, há a interação entre o projétil e o alvo, onde toda energia cinética do projétil que é transmitido para o alvo sob forma de energias de deformação, dano e calor. As fibras do nosso alvo ou painel balístico são submetidas a tensões aplicadas pelo projétil. As fibras atingidas diretamente pelo projétil têm o nome de fibras primárias, são responsáveis por oferecer resistência à penetração e, por isso, ficam submetidas às maiores tensões, chegando mesmo a atingir a tensão de ruptura. Nas imediações da área de impacto encontram-se as fibras secundárias que sofrem deformações, em geral inferiores às das fibras primárias, não chegando à ruptura, dissipando alguma energia. Devido às velocidades do projétil, o impacto balístico é um fenômeno com efeitos localizados que não afeta toda a estrutura do painel, daí a área das fibras secundárias ser restringida a um pequeno raio à volta do ponto de impacto. Esse raio será igual à distância atingida pelas ondas de deformação que se criam no impacto.

Dando foco a esta interação projétil-alvo, pode-se determinar que os mecanismos de penetração mais frequentes são: fratura devido a onda de tensão inicial, fratura radial, estilhaçamento, batoque, pétala frontal, pétala dorsal, fragmentação e alargamento dúctil de furo (Backman, 1978). Porém, quando se adota um material frágil como principal elemento formador de um composto, resumimos todo estudo às características de fragmentação.

O processo que leva a fragmentação do vidro é denominado de fratura do vidro. Para melhor entendimento deste processo, deve-se inicialmente observar informações sobre a origem da fratura, causas da iniciação, direção, sequência de propagação, comportamento da sua microestrutura e o estado de tensão ao qual o material foi submetido no momento de impacto.

É possível identificar algumas regiões de acordo com a maneira pela qual a fratura se comporta. São elas: a origem da fratura, o espelho da fratura, a região de névoa ou bruma e a região de ramificação das trincas, (Coelho, J. M. F. et al, 2000).

O principal experimento realizado foi o ensaio em túnel balístico regulamentado pela norma ASTM E3062/E3062-16 – Standard Specification for Indoor Ballistic Test Ranges for Small Arms and Fragmentation Testing of Ballistic-resistant Items. Esta norma determina as dimensões necessárias da sala para o ensaio ser realizado com segurança sem obstrução. Determina umidade relativa, a temperatura ambiente e a iluminação geral que a sala deve possuir para proporcionar um ensaio ideal. A norma especifica também as distâncias

necessárias para os testes balísticos e a existência de um dispositivo de segurança extra (Bullet trap), que serve como armadilha para projéteis disparados por arma de ar comprimido.

O passo preliminar ao ensaio prático no túnel balístico foi o desenvolvimento dos corpos de prova constituídos basicamente de vidro soda-cal, laminado de PVC autoadesivo e uma associação entre eles mudando a ordem do compósito.

Também foram realizados experimentos para determinação de dureza do vidro soda-cal, bem como também testes de impacto de queda livre visando comparar os comportamentos das estruturas compostas e de sua flexibilidade de ordenação através apenas do uso da força da gravidade e através de disparo de arma de ar comprimido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os corpos de provas descritos apresentam a seguinte configuração:

- Amostra 1: vidro soda-cal;
- Amostra 2: vidro soda-cal + laminado de PVC autoadesivo;
- Amostra 3: laminado de PVC autoadesivo + vidro.

A amostra 1 apresentou 5 regiões distintas. Logo, podemos referenciar a origem da fratura, como sendo a região que excede a tensão de ruptura do material; a região do espelho com ocorrência de desprendimento de fragmentos; uma pequena região de névoa, que caracteriza uma mudança de direção de tensão; uma área de ramificações subdividida em trincas principais, secundárias e outras de tamanho mais reduzido; e por fim, linhas de “Wallner” oriundas da propagação de ondas de som no interior do material.

Na amostra 2 pode-se identificar a origem, uma região de espelho de tamanho reduzido, uma região de transição – a névoa, uma região de ramificações de tamanho bem uniforme com destaque para trincas principais e presença marcante de linhas de “Wallner”.

A amostra 3, também possui 5 regiões distintas: a primeira é a origem, a segunda é a região de espelho dispersa de maneira não homogênea, a terceira é a região com ramificações (e a última, linhas de “Wallner”). A fratura deste alvo caracterizou o corpo de prova como sendo uma estrutura bastante eficiente por não desprender grandes fragmentos após o impacto.

Desta maneira foi possível registrar o comportamento dos diferentes arranjos entre os materiais e evidenciando que a ordem de associação dos arranjos entre eles podem alterar as características de comportamento relacionados ao seu grau de absorção de energia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do desenvolvimento dos experimentos é possível afirmar claramente como se dá o comportamento dos corpos de prova de um material frágil associado com um laminado de PVC autoadesivo. O modo de fratura do vidro soda-cal é ratificado nos experimentos desenvolvidos ao compararmos com as literaturas acadêmicas (Coelho, J. M. F. et al, 2000), (Callister Jr, et al, 2008). Os arranjos das estruturas compostas pelos diferentes materiais descrevem um comportamento de absorção de energia superior ao se comparar com apenas o material frágil. Portanto, este campo de utilização de uma estrutura composta por materiais de características distintas se torna promissor para um estudo mais profundo e mais complexo no campo de blindagens transparentes.

Palavras-chave: Blindagem Transparente; Vidro soda-cal; Laminado de PVC autoadesivo; Testes balísticos.

REFERÊNCIAS

ASTM E3062-16e1, Standard Specification for Indoor Ballistic Test Ranges for Small Arms and Fragmentation Testing of Ballistic-resistant Items, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, www.astm.org.

BACKMAN, M.E., GOLDSMITH, W. The mechanics of penetration of projectiles into targets. International Journal Engineering Science, v.16, p.1-99, 1978.

COELHO, J. M. F.; COSTA, C. A.; FERREIRA, M. Fratografia em vidros. Rio de Janeiro: PEMM/COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

CALLISTER JR, W. D. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução. Rio de Janeiro: LTC. 2008.

NIJ 0108.01, National Institute of Justice, Ballistic Resistant Protective Materials - U.S. Department of Justice, Washington D.C., USA, 1981.

RIZOV V., MLADENSKY A. Mechanical behavior of composite sandwich structures subjected to low velocity impact- experimental testing and finite element modeling. Polym Compos 2008.