Encontro Regional ALMACO

Melhoria das Propriedades Mecânicas do SMC Classe A de Baixa Densidade

Caxias do Sul , 26 de agosto de 2015

Marcia Cardoso

Produção
(com Six Sigma Success)

3 Defeitos por
1,000,000
Tentativas

Desenvolvimento de Novos Produtos

3 Defeitos por
4
Tentativas

Source: Cooper, *Winning at New Products-3rd Ed*, p. 11.

© AIM, Inc.

Foco em Entrevistas com Clientes

1. Estado Atual
2. Problemas
3. Estado Ideal
4. Idéias Lançadas
5. Tópicos Escolhidos

© AIM, Inc.

Vantagens para o cliente no Desenvolvimento de Mercado Focado

- Apoio do cliente – construído no mercado.
- Foco limitado nos recursos de P&D em resolver os problemas dos clientes e suas necessidades.
- Entendimento do valor para o cliente e mercado.

Objetivo

- Melhorar as propriedades mecânicas, ou tenacidade, em 20% ou mais, da nossa solução para SMC Classe A de densidade 1,2:
  - Evitando um maior impacto de custo : aumento < 20%
  - Mantendo a qualidade superficial: Valor ALSA < 70
  - Retendo a processabilidade

Esboço do Trabalho

- Abordagem Experimental
- Testes das Propriedades Mecânicas
  - Tração
  - Flexão
  - Resistência Interlaminar – Crosspeel
- Teste de Impacto - Drop Dart Test
  - Efeito do Aditivo Reativo para Tenacidade
- Efeito do Sistema de Cura e Temperatura do Molde
  - Qualidade Superficial e Propriedades Mecânicas
- Conclusões
- Próximos trabalhos

Abordagem Experimental

- Uso de nossa formulação atual para SMC Classe A 1.2 base para a experimentação.

- Substituição da resina de base UPR do sistema atual por vinil éster (VER), com variação na estrutura e peso molecular.

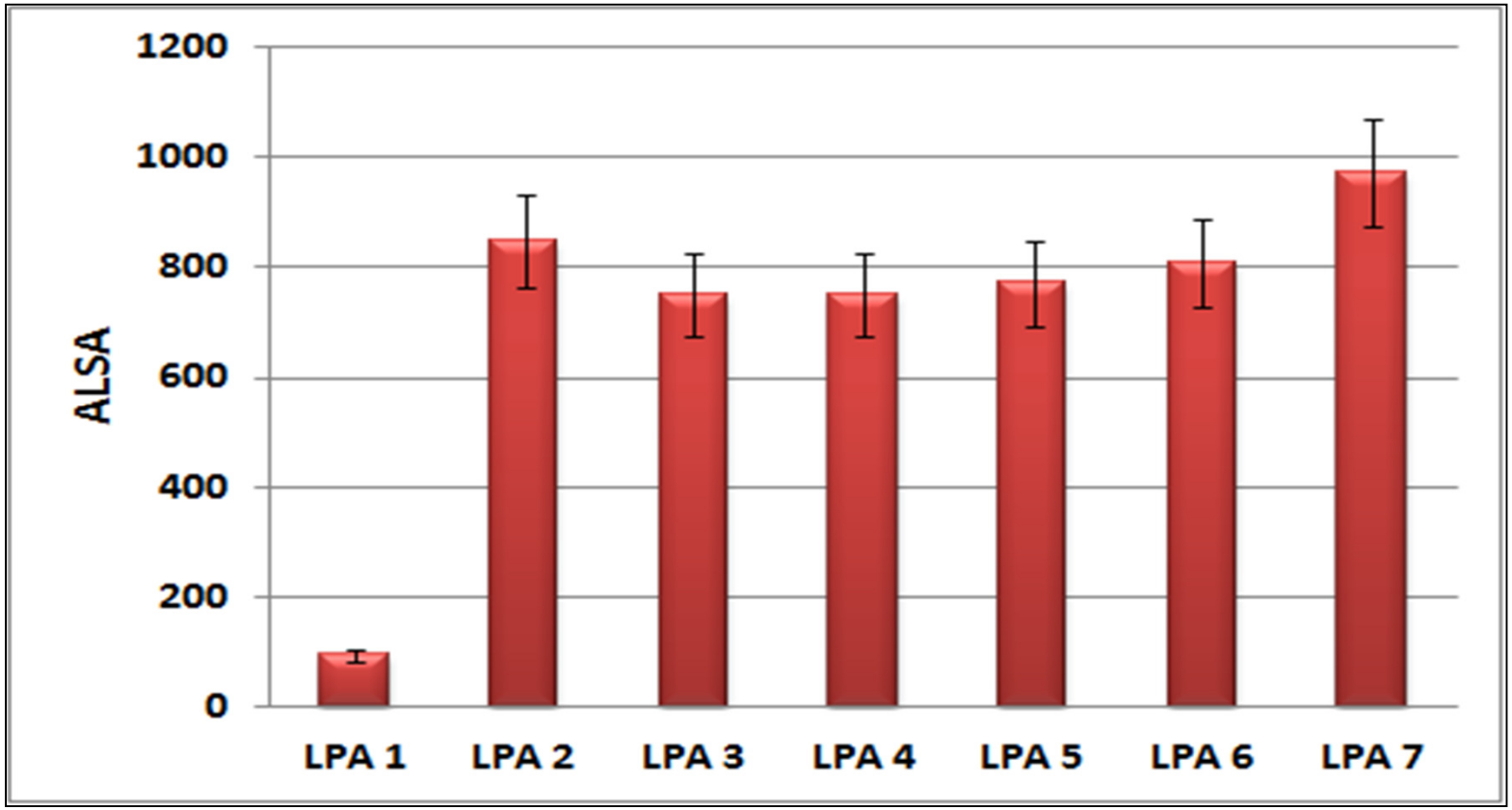
- Verificação da qualidade da superfície, através de medições ALSA, como uma ferramenta rápida de triagem para se determinar quais misturas de VER ou VER-UPR seriam dignas dos esforços de desenvolvimento.

Efeito da Vinil Éster na Superfície

Vinil Éster	Razão VER:UPR	Valores ALSA
Sistema atual 1.2 (Controle)	0:100	60
VER1	100:0	96
VER2	100:0	94
VER3	100:0	Ilegível
	50:50	135
VER4	100:0	Ilegível
	50:50	137
VER5	100:0	Ilegível
	50:50	Ilegível
	25:75	87
VER6	50:50	102

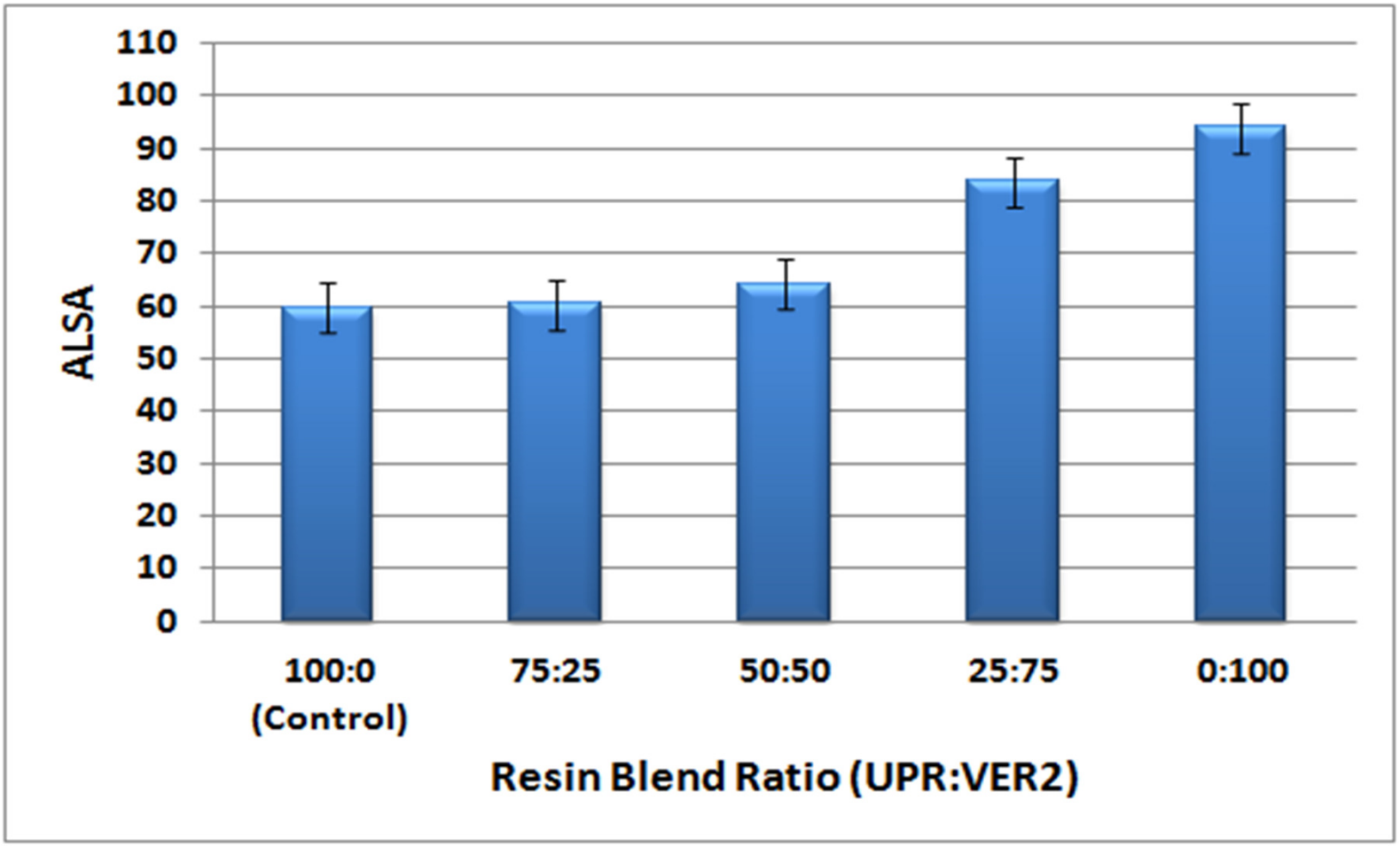
- VER1 e VER2 tem qualidade superficial semelhante quando utilizadas como resina única, entretanto a VER2 foi selecionada devido suas propriedades mecânicas serem superiores.
- Selecionando um aditivo low profile apropriado, será possível atingir a superfície Classe A utilizando somente a VER2 como base única?

Formulado Classe A 1,2 com VER2 – Triagem do LP



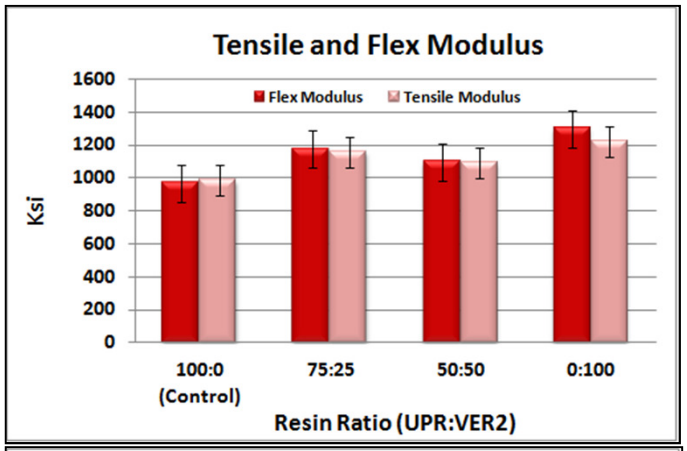
- Substituído o LP atual (LPA1) por uma série de LPs de várias estruturas químicas
- Sem dúvida, o LPA1 foi o melhor resultado para a qualidade superficial
- Próximo passo: Avaliar o efeito de blendas VER/UPR para o atendimento das premissas.

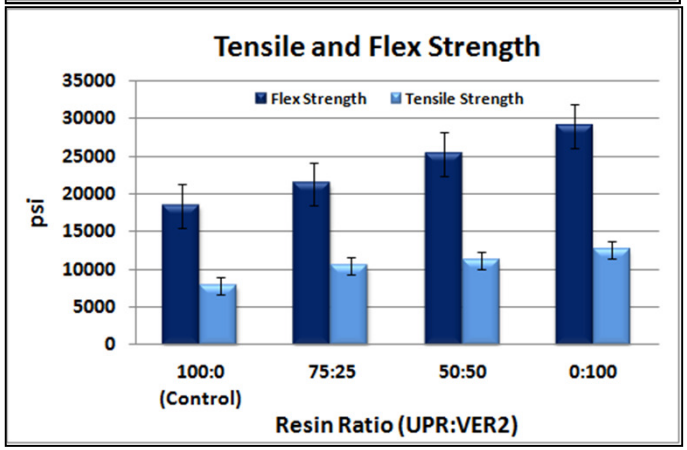
Efeito da concentração da VER2 na Qualidade Superficial

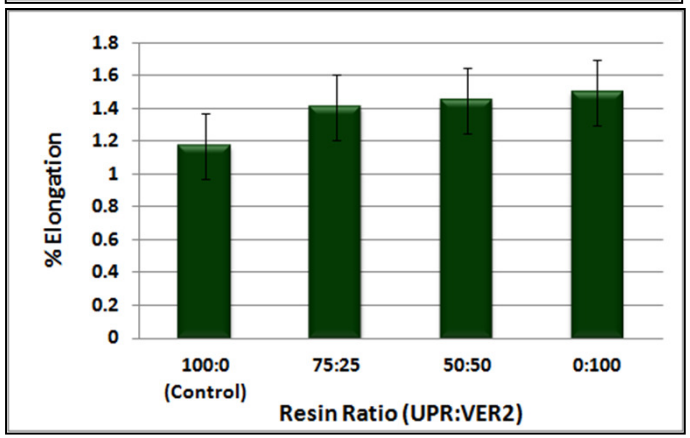


- A VER2 pode ser substituída em quantidades acima de 50% em peso de UPR sem prejuízo da superfície.

Efeito da concentração de VER2 nas Propriedades Mecânicas

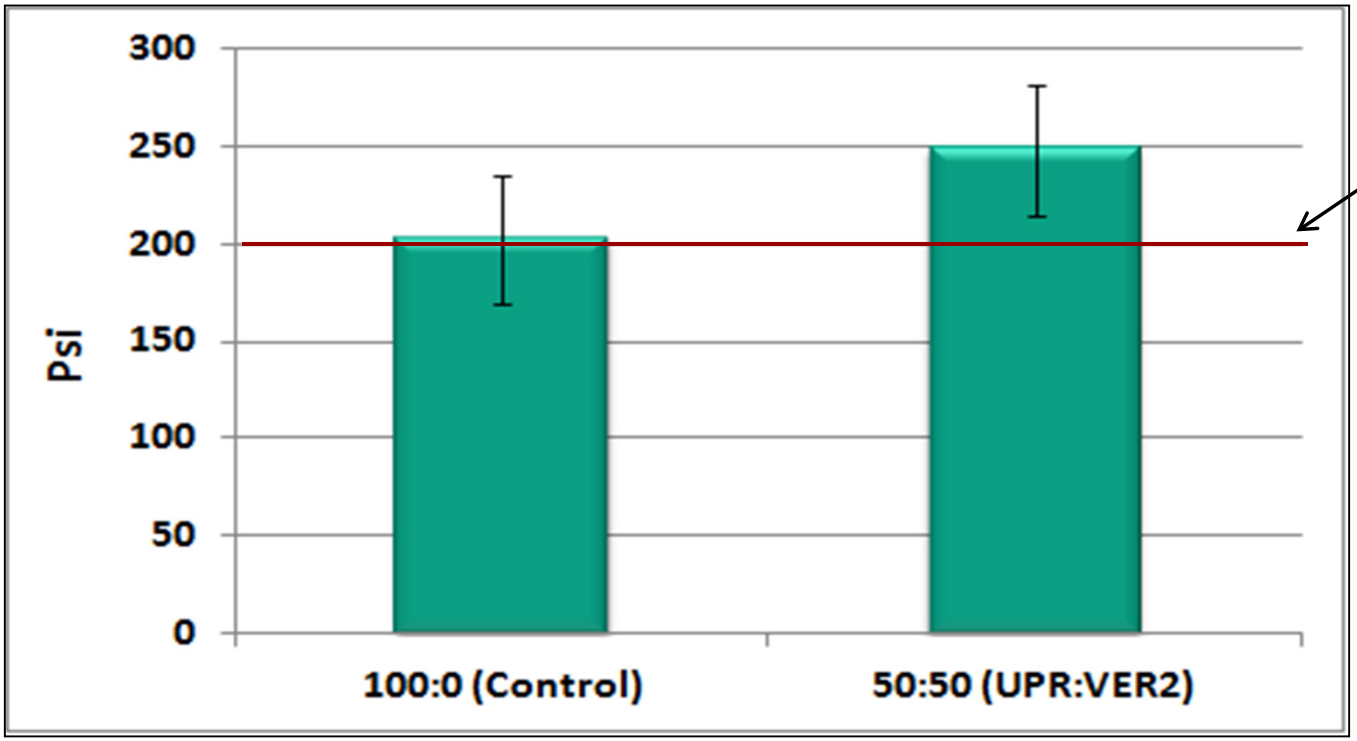






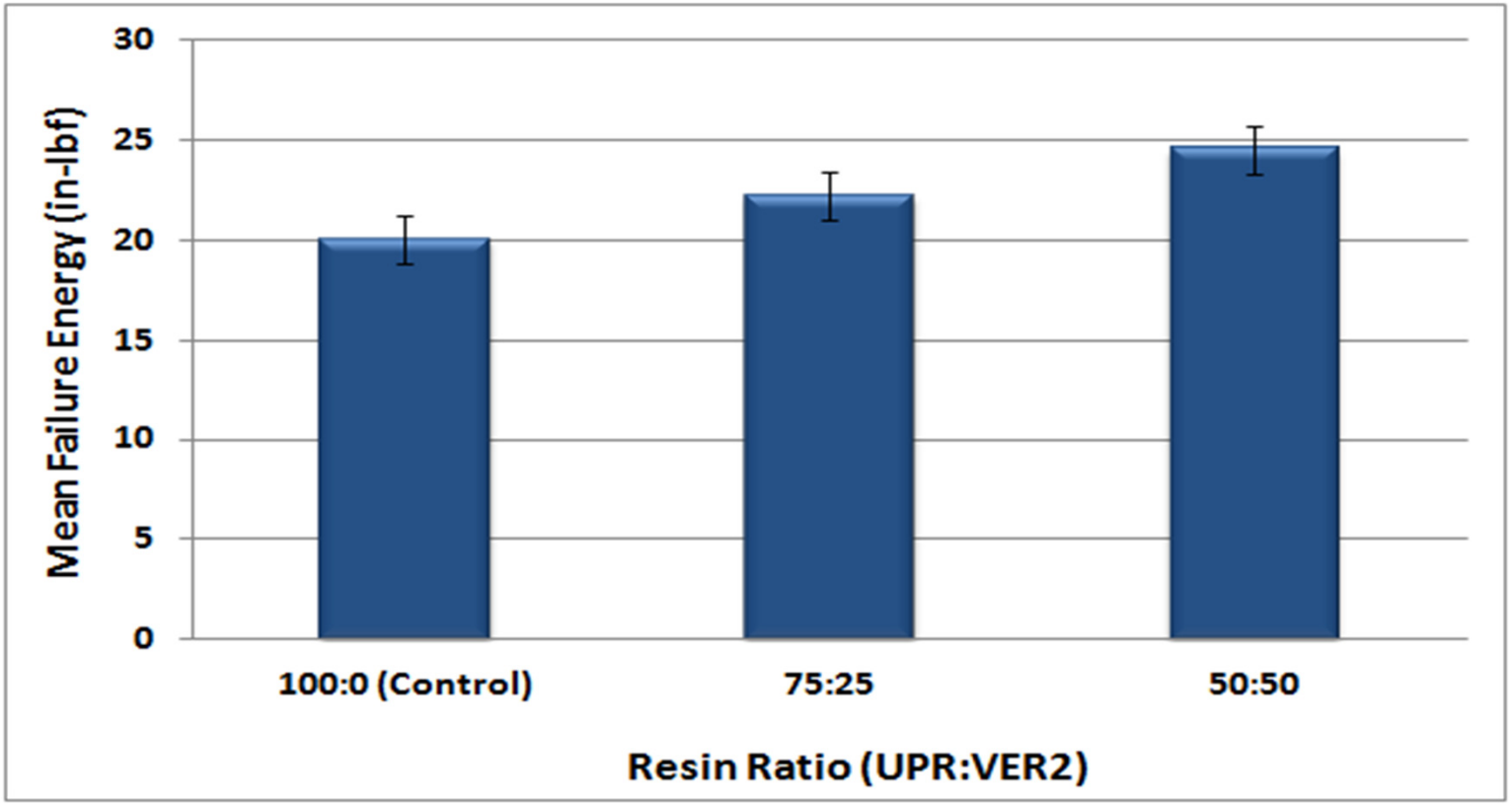
- Uma concentração de 25%, ou mais em peso, de VER2 na blenda melhora as propriedades em aproximadamente:
  - 20% nos módulos de flexão e tração
  - 15% na resistência a flexão
    - *40% quando utilizada a 50% em peso*
  - 30% na Resistência a Tração
    - *40% quando utilizada a 50% em peso*
  - 20% no alongamento
- Valores de HDT em todas as amostras foram acima de 200 ℃

Resistência Interlaminar – Teste Crosspeel



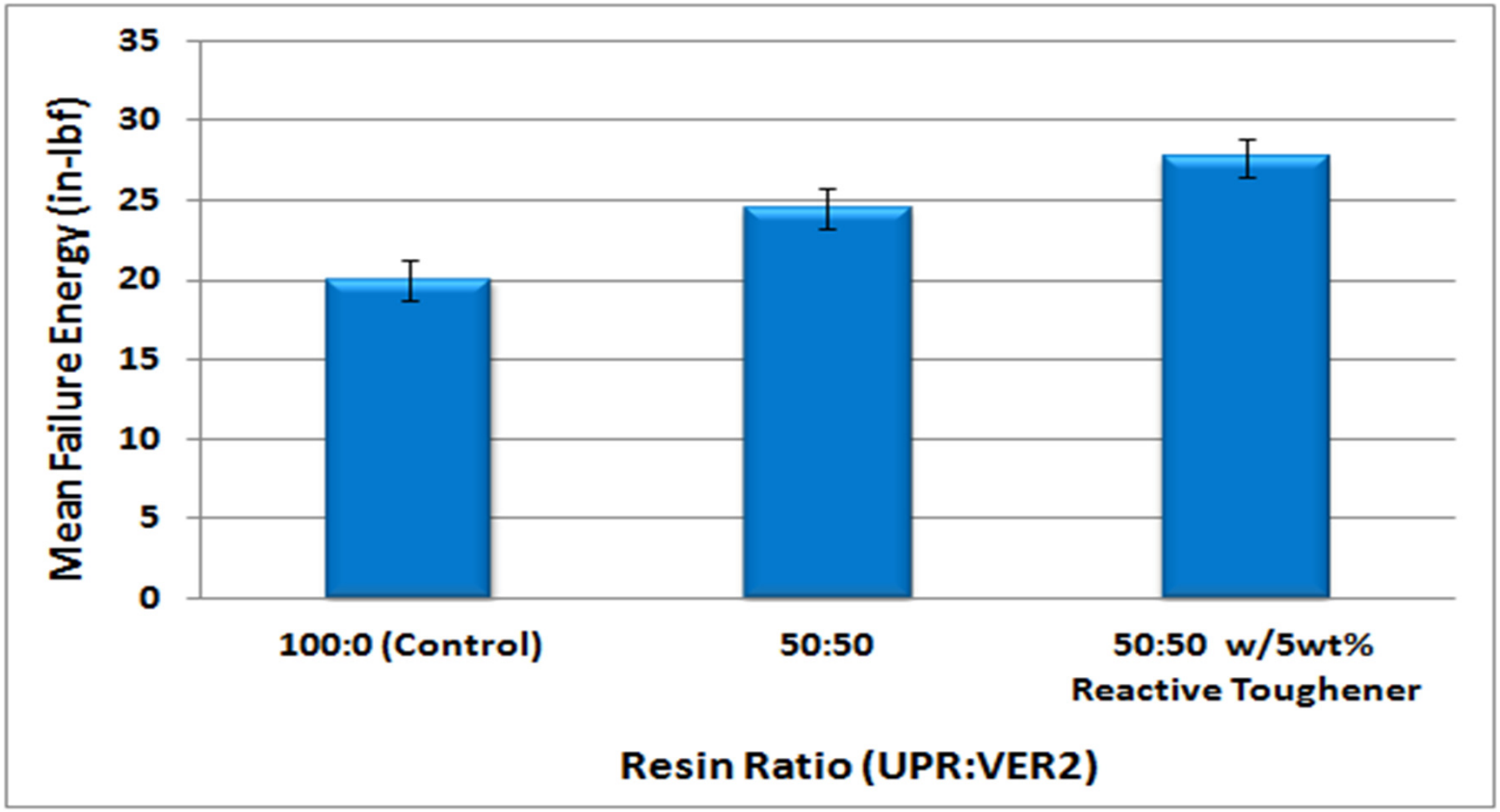
- Adesivo : Uretanico 9100/9200
- Fixture Time/Temperatura: 3min @150C
- Tempo de Pós cura/Temperatura: 30min @150C
- Espessura do adesivo (Bond gap): 30 mils
- Os resultados mostram que a blenda 50:50 melhora o desempenho

Resistência ao Impacto - Queda de Dardo (Drop Dart Test)



- Com 25% em peso de VER2, a melhoria é pequena
- Com 50% de VER2, a resistência ao impacto aumenta em cerca de 20%
- Baseado em todas as propriedades, de superfície e mecânicas, a blenda 50:50 foi identificada como a possibilidade para os desenvolvimentos
  - Foco em outras melhorias relacionadas à resistência ao impacto

Melhorando o Impacto Via Aditivo Reativo de Tenacidade



- A incorporação do agente de tenacidade melhorou o desempenho em cerca de 15%
- Em relação ao sistema 100% UPR (controle), o agente de tenacidade melhorou o desempenho em cerca de 40%
- Os ensaios de propriedades mecanicas indicaram que o aditivo reativo não impactaram nessas propriedades (tração, flexão e HDT)
- As medições iniciais de qualidade superficial indicaram que o agente de tenacidade teria uma influencia prejudicial
  - A qualidade superficial poderia ser melhorada através da manipulação da temperatura e iniciadores de reação?

Efeito da Temperatura do Molde e Sistema de Iniciadores na Qualidade Superficial

SMC	Sistema Iniciador	Temperatura do molde	Valores ALSA
Atual 1.2 (Controle)	TBPB/PDO	149 °C	63
	TBPB/PDO	121 °C	84
50:50 Resin Blend	TBPB/PDO	149 °C	60
	TBPB/PDO	121 °C	103
Blenda 50:50 com 5% de Aditivo Reativo	TBPB/PDO	149 °C	97
	TBPB/PDO	121 °C	Ilegível
	Trig 131/TBPB	**149 °C**	**89**
	Trig 131/TBPB	**121 °C**	**67**

- A seleção do sistema iniciador de reação e temperatura do molde parecem ter uma influencia substancial na qualidade superficial

Propriedades da Blenda 50:50 Contendo Aditivo Reativo para Tenacidade

SMC	Sistema Iniciador	TempMolde	Tração			Flexão		Impacto Drop Dart (in-lbf)	ALSA
			Resist (MPa)	Mod. (GPa)	% E	Resist (MPa)	Mod. (GPa)		
Controle	TBPB/PDO	149 ℃	57,3	7,4	0.96	103,5	6,4	17.5	63
Blenda 50:50	TBPB/PDO	149 ℃	82,1	8,1	1.41	165,1	7,9	19.5	60
Blenda 50:50 com 5% de aditivo reativo	Trig 131/TBPB	121 ℃	84,8	7,2	1.62	183,6	7,9	24.5	67

- Em uma estimativa conservadora, o agente para tenacidade não tem influencia nas propriedades mecanicas relativas a blenda 50:50
- Os dados de propriedades mecânicas atuais sugerem que, utilizando uma temperatura de molde mais baixa com sistema iniciador alternativo, essas propriedades podem sem melhoradas

Conclusões

- Uma blenda VER-UPR foi identificada como capaz de produzir SMC Classe A com densidade 1.2.
- A blenda com VER2 na formulação atual, a 50% em peso, melhora certas propriedades mecânicas em 40% sem prejudicar a qualidade superficial.
- A resistência ao impacto da blenda 50:50 pode ser significantemente melhorada com o uso de um particular aditivo reativo para tenacidade sem redução das propriedades mecânicas.
- O efeito prejudicial na qualidade superficial do aditivo reativo pode ser superado através da moldagem com temperaturas menores e sistemas iniciadores diferenciados.
- Os dados sugerem que a menor temperatura do molde em combinação com os iniciadores podem melhorar as propriedades mecânicas da blenda sem o aditivo reativo.

Próximos Trabalhos

- Explorar ainda mais o efeito dos sistemas de iniciadores de reação e temperatura de molde na qualidade de superfície e propriedades mecânicas

- Determinar o limite de agente reativo para tenacidade no que diz respeito à qualidade da superfície e as propriedades mecânicas

- Criar novas resinas UPR e VER, bem como outras químicas de resinas e avaliar as relações estrutura-propriedades

ALMACO
ASSOCIAÇÃO LATINO-AMERICANA DE MATERIAIS COMPÓSITOS

ASHLAND®

With good chemistry great things happen.™