RATGEBER DEFENCE · 12 MIN. · 10. FEBRUAR 2026

Hochtemperaturprozesse in der Rüstungsindustrie

Warum Feuerfesttechnologie in der Rüstungsindustrie unverzichtbar ist: Metallurgie, thermischer Schutz und Energiesysteme im Defence-Kontext.

Metallurgie im Rüstungskontext

Die Herstellung von Rüstungsgütern stellt höchste Anforderungen an metallurgische Prozesse. Panzerstahllegierungen, Hochleistungswerkstoffe für Triebwerke und ballistisch optimierte Materialien werden in Schmelz-, Gieß- und Wärmebehandlungsprozessen erzeugt, die Temperaturen von über 1.600 °C erfordern. Feuerfestauskleidungen in Lichtbogenöfen, Induktionsöfen und Vakuumöfen müssen dabei nicht nur thermisch, sondern auch chemisch hochbeständig sein — aggressive Schlacken und Sonderlegierungen greifen konventionelle Feuerfestmaterialien deutlich stärker an als in der zivilen Stahlproduktion.

- Panzerstahl und ballistischer Schutzstahl: Schmelzen und Gießen bei über 1.650 °C in Lichtbogenöfen mit basischer Feuerfestauskleidung
- Triebwerkslegierungen (Nickel-Basis): Vakuum-Induktionsschmelzen (VIM) mit Aluminiumoxid- oder Magnesiumoxid-Tiegeln
- Wärmebehandlung: Durchlauföfen und Kammeröfen für Vergüten, Härten und Spannungsarmglühen sicherheitskritischer Bauteile
- Additive Fertigung: Atomisierung von Metallpulvern für 3D-Druck erfordert hochreine Schmelzprozesse mit speziellen Tiegelauskleidungen
- Munitionsherstellung: Gießprozesse für Geschosshüllen und Penetratoren mit definierten Gefügestrukturen

Hinweis: Qualitätsanforderungen im Vergleich — Während in der zivilen Stahlproduktion Ausschussraten von 1–2 % akzeptabel sind, gelten in der Rüstungsmetallurgie Null-Fehler-Toleranzen. Jede Abweichung in der Feuerfestauskleidung — etwa ein Einschluss durch erodierendes Feuerfestmaterial — kann zu einem Werkstoffversagen unter Einsatzbedingungen führen. Rückverfolgbarkeit und Chargendokumentation sind daher auch für Feuerfestmaterialien zwingend vorgeschrieben.

Thermischer Schutz und Hitzeschildsysteme

Thermischer Schutz ist in der Verteidigungsindustrie ein eigenständiges Technologiefeld. Von Hitzeschutzschilden in Flugkörpern über Abgassysteme in gepanzerten Fahrzeugen bis zu Wärmedämmung in maritimen Antriebssystemen — überall dort, wo Temperaturen jenseits der Belastbarkeit konventioneller Werkstoffe auftreten, kommen feuerfeste Materialien zum Einsatz. Die Anforderungen gehen dabei weit über statische Ofenauskleidungen hinaus: Thermische Schockbeständigkeit, geringes Gewicht und Beständigkeit

gegen Vibration und Beschleunigung sind entscheidende Auswahlkriterien.

- Flugkörper und Wiedereintrittsfahrzeuge: Ablative Hitzeschutzmaterialien auf Basis von Kohlefaser und keramischen Verbundwerkstoffen
- Abgassysteme gepanzerter Fahrzeuge: Feuerfeste Auskleidungen müssen Temperaturen von über 900 °C bei gleichzeitiger Vibrationsbelastung standhalten
- Schiffsantriebe: Gasturbinenbrennkammern und Abgaswege in Fregatten und Korvetten erfordern hochtemperaturfeste Isoliermaterialien
- Raketenmotoren: Düsenhalsauskleidungen aus Graphit, Wolfram oder Keramik-Matrix-Composites (CMC)

Hinweis: Dual-Use-Aspekt thermischer Schutzmaterialien — Viele Hochtemperaturmaterialien für den thermischen Schutz unterliegen der EU-Dual-Use-Verordnung (EU 2021/821). Keramische Faserverbundwerkstoffe, bestimmte Graphitqualitäten und Hochleistungskeramiken sind in Anhang I gelistet. Zulieferer müssen daher ihre Exportkontrollpflichten kennen und interne Compliance-Prozesse etablieren.

Energiesysteme und Antriebstechnik

Moderne Waffensysteme und Plattformen sind auf leistungsfähige Energiesysteme angewiesen. Gasturbinen in Kampfpanzern, Schiffsantriebe und Hilfstriebwerke in Luftfahrzeugen erzeugen extreme Temperaturen, die feuerfeste Auskleidungen, Brennkammermaterialien und thermische Barrieren erfordern. Die Entwicklung zu Directed Energy Weapons (DEW) und Hyperschalltechnologien verschärft die Anforderungen an thermisches Management zusätzlich.

- Gasturbinen (MTU, Rolls-Royce): Thermal Barrier Coatings (TBC) auf Yttrium-stabilisierter Zirkonoxid-Basis schützen Turbinenschaufeln bei über 1.300 °C
- Directed Energy Weapons: Kühlsysteme und thermische Abschirmung für Hochenergielaser erfordern Materialien mit extrem niedriger Wärmeleitfähigkeit
- Hyperschall-Technologie: Nasenkappe und Vorderkantenmaterialien müssen Temperaturen von über 2.000 °C bei gleichzeitiger aerodynamischer Belastung standhalten
- Feldlager-Energieversorgung: Mobile Verbrennungssysteme und Abwärmenutzung mit feuerfester Auskleidung

Hinweis: Technologievorsprung durch Materialforschung — Die Beherrschung von Hochtemperaturprozessen ist ein strategischer Technologievorsprung. Länder mit eigener Fähigkeit zur Herstellung ultrahochtemperaturbeständiger Keramiken (UHTC) wie Hafniumcarbid und Zirkoniumdiborid haben einen entscheidenden Vorteil bei der Entwicklung von Hyperschallwaffen und Wiedereintrittsfahrzeugen.

Prüfung und Qualitätssicherung

Feuerfestmaterialien im Rüstungskontext unterliegen strengeren Prüf- und Dokumentationsanforderungen als in der zivilen Industrie. Die Qualitätssicherung umfasst nicht nur die werkstofftechnische Prüfung (Druckfestigkeit, Porosität, thermische Leitfähigkeit), sondern auch die lückenlose Rückverfolgbarkeit der Rohstoffe, die Chargenfreigabe durch den Auftraggeber und die Einhaltung militärischer Spezifikationen.

- First Article Inspection (FAI): Erstmusterprüfung nach AS9102 für jedes neue Feuerfestprodukt im Defence-Kontext
- Chargenverfolgung: Lückenlose Dokumentation vom Rohstoff bis zum eingebauten Feuerfestmaterial — AQAP 2110 konform
- Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP): Ultraschall, Röntgen und Thermografie zur Bewertung der Auskleidungsintegrität im eingebauten Zustand
- Umweltsimulation: Thermische Wechselbelastung, Vibrationsprüfung und Korrosionsbeständigkeit unter simulierten Einsatzbedingungen

Hinweis: AQAP-Anforderungen an Zulieferer — Die NATO Allied Quality Assurance Publications (AQAP) definieren die Qualitätsanforderungen an Zulieferer der Verteidigungsindustrie. AQAP 2110 (auf Basis von ISO 9001) ist die umfassendste Stufe und gilt für Zulieferer mit eigener Entwicklung und Konstruktion. Wer nur nach vorgegebenen Unterlagen fertigt, arbeitet nach AQAP 2120. Die Einhaltung wird durch die Bundeswehr-Güteprüfstellen (GüPrSt) überwacht.

Zukunftstechnologien und Trends

Die Verteidigungsindustrie investiert massiv in Zukunftstechnologien, die allesamt Hochtemperaturprozesse erfordern. Vom Future Combat Air System (FCAS) über Hyperschallflugkörper bis zu neuen Panzerungskonzepten — die Anforderungen an Feuerfesttechnologie und thermisches Management werden weiter steigen. Für spezialisierte Zulieferer eröffnen sich dadurch langfristige Geschäftsmöglichkeiten.

- FCAS/NGWS: Nächste Generation von Triebwerksmaterialien für Stealth-Anforderungen und höhere Betriebstemperaturen
- Additive Fertigung: 3D-Druck von Feuerfestbauteilen für Prototypen und Kleinstserien — verkürzt Entwicklungszyklen von Jahren auf Monate
- Keramik-Matrix-Composites (CMC): Leichter als Metall, temperaturbeständiger — Paradigmenwechsel in der Triebwerkstechnik
- Recycling seltener Erden: Hochtemperaturprozesse zur Rückgewinnung strategischer Rohstoffe aus ausgedienten Waffensystemen

Häufige Fragen

Welche Feuerfestmaterialien werden in der Rüstungsindustrie am häufigsten eingesetzt?

Die häufigsten Feuerfestmaterialien sind hochtonerdehaltige Steine und Massen (Al2O3 > 70 %) für Schmelzöfen, Magnesiumoxid-basierte Produkte für basische Ofenauskleidungen, Siliziumcarbid für Verschleißschutz und Zirkonoxid-basierte Materialien für Thermal Barrier Coatings. Für Extremanwendungen kommen auch Graphit, Wolfram und Ultra-Hochtemperaturkeramiken (UHTC) zum Einsatz.

Welche Zertifizierungen braucht ein Feuerfest-Zulieferer für die Rüstungsindustrie?

Mindestanforderung ist ISO 9001 als Basis-QMS. Für die direkte Zulieferung an Rüstungskonzerne oder die Bundeswehr wird zusätzlich AQAP 2110 (NATO-Qualitätsstandard) gefordert. Je nach Informationszugang kann ein Geheimschutzverfahren (Ü1 oder Ü2) erforderlich sein. Für den Export sind Kenntnisse der Dual-Use-Verordnung und des Kriegswaffenkontrollgesetzes (KrWaffKontrG) notwendig.

Unterscheiden sich die Anforderungen an Feuerfestmaterialien in der Rüstung von der zivilen Industrie?

Ja, erheblich. In der Rüstung gelten engere Toleranzen, lückenlose Rückverfolgbarkeit, Chargenfreigabe durch den Auftraggeber und Dokumentation nach AQAP-Standards. Die Materialien selbst sind oft identisch, aber die Qualitätssicherung, Prüftiefe und Nachweispflichten sind deutlich umfangreicher.

Sprechen Sie mit uns über Ihr Projekt

Rückmeldung binnen 24 Stunden, werktags.

info@sbs-rs.de

+49 89 541 960 200

Online lesen: www.sbs-rs.de/defense-industrie/ratgeber/hochtemperaturprozesse-ruestungsindustrie