

FEM Simulationsrechnungen von Schicht-Substrat-Systemen auf Parallelrechnern

J.Leopold¹, H.Liebich², M.Meisel¹, A. Wiegand³, R. Wohlgemuth⁴

¹ GFE e.V. Chemnitz

² Roth & Rau Oberflächentechnik Wüstenbrand

³ TRIBO Hartmetall GMBH Immelborn

⁴ TBZ PARIV Chemnitz

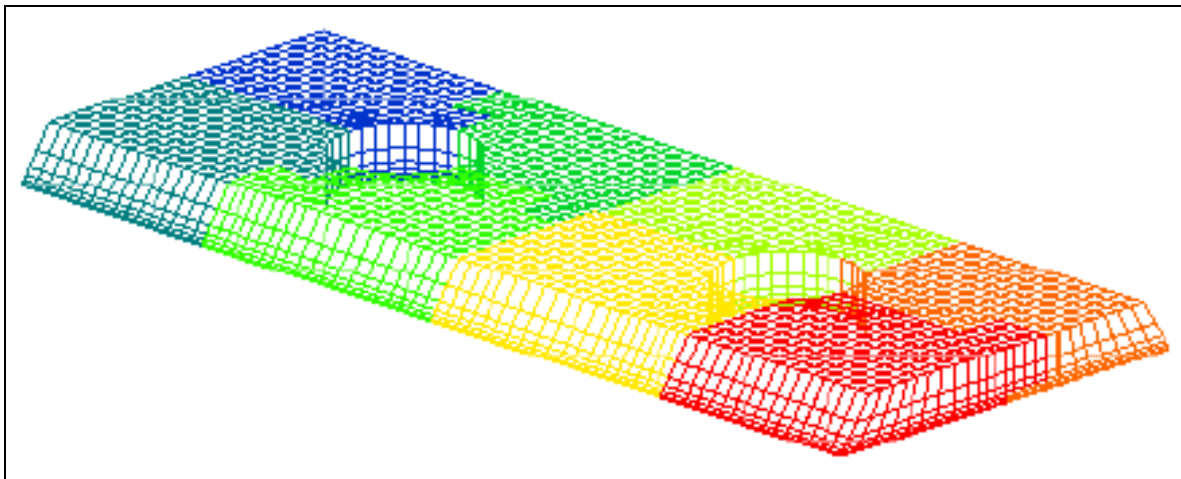
Durch Beschichtung von Werkzeugen wird bekanntermaßen eine bessere Qualität der bearbeiteten Oberfläche und eine längere Lebensdauer der Werkzeuge erreicht. Dies gilt insbesondere für solche anspruchsvollen Technologien wie Trocken- und Hochgeschwindigkeitsbearbeitung.

Die Entwicklung neuer Schichtsysteme basiert gegenwärtig hauptsächlich auf Erfahrungen und geht oft mit aufwendigen Experimenten und Testuntersuchungen einher. Über die physikalischen und festkörpermechanischen Verhältnisse im Inneren des Schicht-Substrat-Systems ist dagegen nur wenig bekannt.

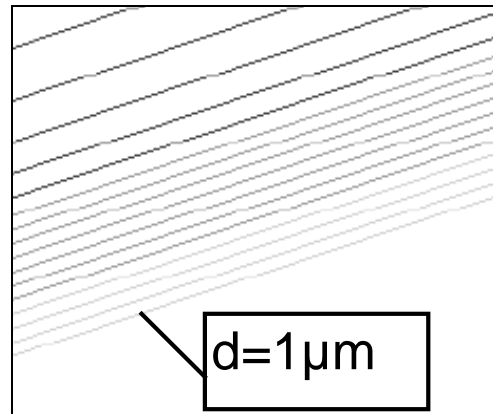
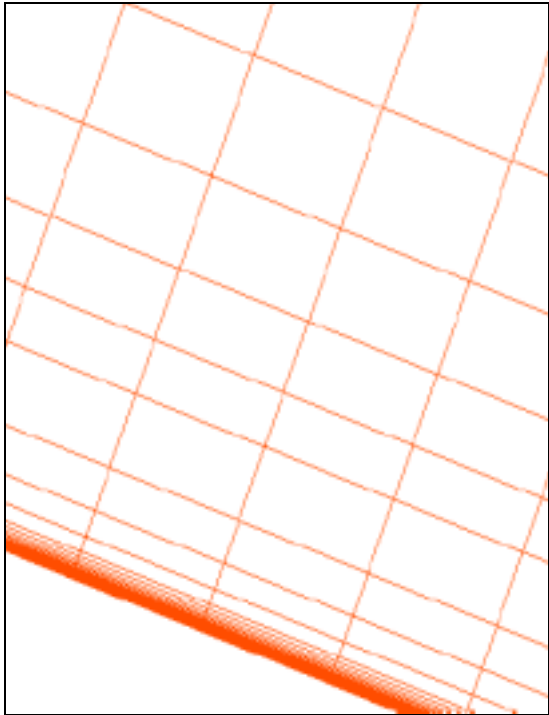
Die Stabilität des Beschichtungssystems hängt entscheidend von den Spannungssituationen in den Schichtkomponenten, den Grenzflächen zwischen den Schichten untereinander und zwischen Schicht und Substratoberfläche ab. Auch sind die Spannungen im oberflächennahen Bereich des Werkzeugs (Substrats) nicht zu vernachlässigen. Besonderen Einfluß haben dabei die äußeren Belastungen (Biegung, Torsion, Reibung, Temperatur, Kräfte) beim Werkzeugeinsatz.

Mittels numerischer Simulationsrechnungen können Informationen über das Verhalten unterschiedlicher Schichtsysteme gewonnen werden, die zur Optimierung bestehender und Entwicklung neuer Beschichtungen beitragen und Kosten für Testuntersuchungen reduzieren können.

Für die FEM Berechnungen müssen 3D Modelle benutzt werden, weil 2D Schnittmodelle nur einen Teil der zu berücksichtigenden Informationen erfassen können. Da die Einzelschichten typischerweise nur wenige µm oder gar nur Bruchteile von µm dick sind, die Werkzeugabmessungen aber im mm-Bereich liegen, müssen die FEM Berechnungen auf solchen Netzen ausgeführt werden, die gleichzeitig die makroskopische Geometrie des gesamten Werkzeugs und die mikroskopische Struktur der Beschichtungen erfassen können. Da die Vernetzung eines Werkzeugs von nur 1 mm³ Volumen mit einer Maschenweite von 1 µm zu einem FEM Berechnungsgitter mit 1 Milliarde Gitterpunkten und damit zu FEM Gleichungssystemen mit wenigstens 3 Milliarden Unbekannten führen würde, müssen derartige Simulationsrechnungen unbedingt auf graduierten Netzen ausgeführt werden, die im Bereich der Beschichtungen mikroskopische, im übrigen Teil des Werkzeugs makroskopische Maschenweiten aufweisen.



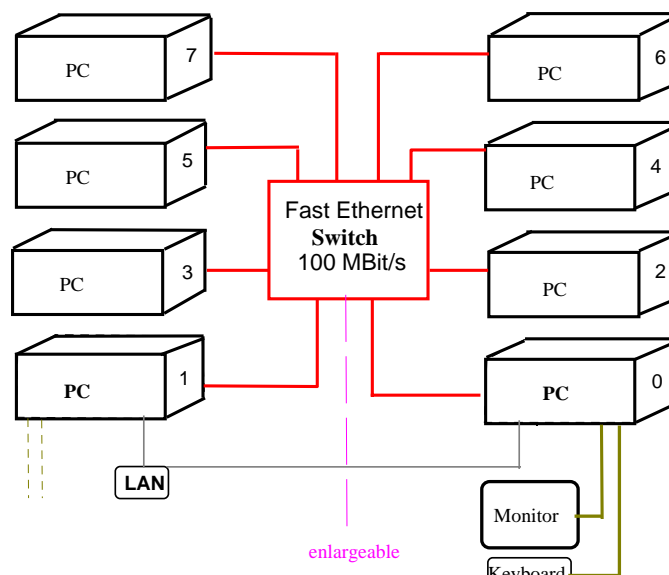
Aufteilung des FEM Netzes einer Wendschneidplatte auf 8 Prozessoren

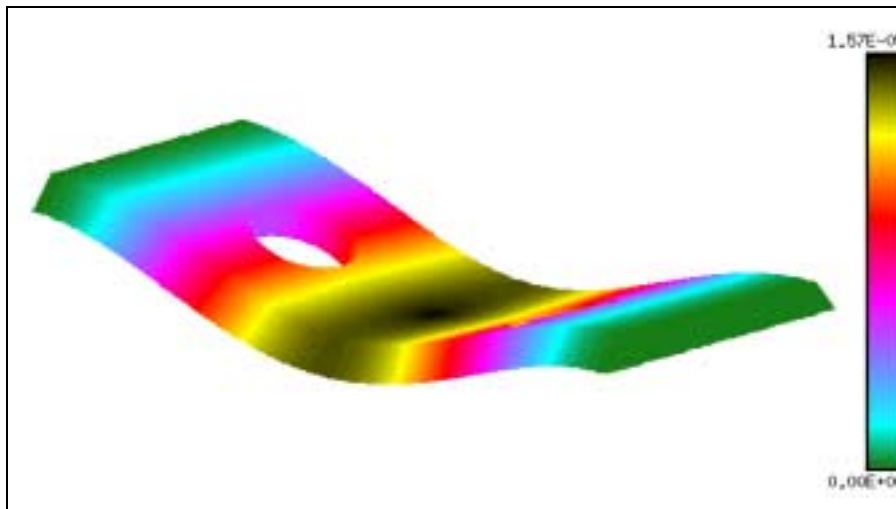


Zoomaufnahmen des FEM Netzes

Um eine befriedigende Genauigkeit der Simulationsresultate zu erreichen, werden dennoch ca. 10^5 Gitterpunkte benötigt. Die Dimension der FEM Gleichungssysteme liegt dann bei 300' 000 bis 500' 000.

Zur Bewältigung des daraus resultierenden enormen Speicherbedarfs und Rechenaufwands bietet sich der Einsatz von Parallelrechnersystemen mit verteiltem Speicher an. Neben teurer spezialisierter Parallelrechnerhardware werden zunehmend auch wesentlich preiswertere Computercluster aus UNIX-Workstations und/oder LINUX-PC's als Parallelrechner benutzt. An der GFE in Chemnitz wird ein solcher PC Cluster für parallele Berechnungen eingesetzt:

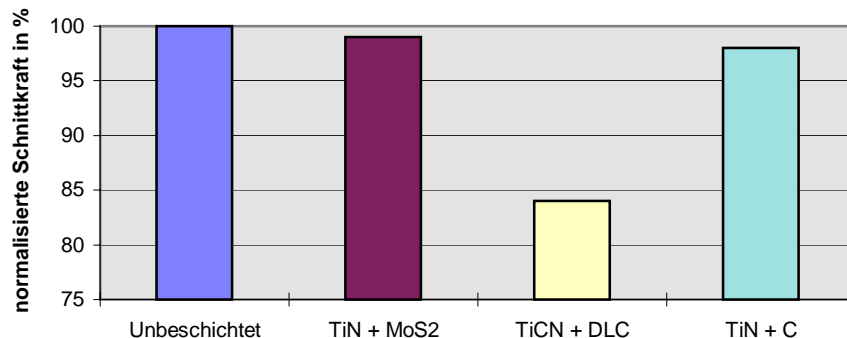




Grafische Darstellung der berechneten Verschiebungen

Aus der berechneten Lösung können der Verschiebungsvektor sowie die Spannungen und Verzerrungen abgeleitet werden.

Numerische Simulationen können praxisorientierte Versuche selbstverständlich nur teilweise ersetzen. Von Mitarbeitern der Firma Roth & Rau wurden Versuche durchgeführt, um das Verschleißverhalten verschiedener Beschichtungen (TiN + C , TiN + MoS₂ , TiCN + DLC) mit und ohne Einsatz von Kühl- und Schmierstoffen zu vergleichen und die Schnittkräfte zu bestimmen. Auf einer Drehmaschine wurde Ck 45 K mit einer Schnittgeschwindigkeit von 100 m/min, einer Schnitttiefe von 2 mm und einem Vorschub von 0.5 mm zerspant.



Schnittkräfte bei verschiedenen Beschichtungen (Liebich)

Bei den DLC-beschichteten Werkzeugen wurden sowohl mit Schmierung als auch ohne Einsatz von Kühl-Schmierstoffen die kleinsten Schnittkräfte gemessen und der geringste Werkzeugverschleiß beobachtet. Allerdings verkürzte sich bei der Trockenbearbeitung der Standweg auf 50% bis 60% des Standweges, der mit Einsatz von Kühl-Schmierstoffen erreicht wurde.

**3. Industriefachtagung „Oberflächen- und
Wärmebehandlungstechnik“
1. und 2. Juni 1999 in Chemnitz**



Auf Empfehlung und mit Unterstützung der EU soll ein Servicecenter zur Berechnung und Optimierung von Schicht-Substrat-Systemen aufgebaut werden.

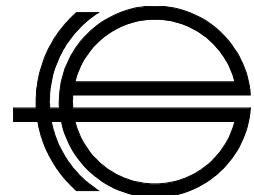
Aufgabe dieses Network - Service - Centers soll es sein, interessierten Entwicklern, Herstellern und Anwendern beschichteter Werkzeuge die Nutzung der auf diesem Gebiet gesammelten Erfahrungen und der vorhandene Hard- und Software zu ermöglichen und zugleich die Simulationssoftware den Praxisanforderungen folgend weiterzuentwickeln.

**European Network
Service - Center HPS- CSS**

3D FEM-Simulationsrechnungen für Schicht-Substrat-Systeme auf Parallelrechnern

- Berechnung von Spannungen, Verzerrungen und Deformationen beschichteter Werkzeuge innerhalb der Schichten unter dem Einfluß thermischer und mechanischer Lasten
- Stabilitätsuntersuchungen für Schicht-Substrat-Systeme
- Zeit- und Kostenersparnis bei der Entwicklung neuer Produkte und Schichtsysteme und bei der Schadensanalyse
- Entwickler, Hersteller und Anwender beschichteter Werkzeuge sind eingeladen, unsere Erfahrungen und die vorhandene Hard- und Software für Simulationsrechnungen zu ihren eigenen Anwendungsproblemen einzusetzen.

Derzeit beteiligte Unternehmen:



Weitere Interessenten werden gebeten, sich an

Dr.-Ing. habil. Jürgen Leopold
GFE e.V. / Geschäftsbereich Berechnen und Prüfen
Lassallestraße 14
D-09117 Chemnitz, Germany
Phone/Fax: +49 371 27104 21
email: 100536.1232@compuserve.com

zu wenden.

| | | |
|---|--|---|
| Leopold, Liebich, Meisel, Wiegand, Wohlgemuth | FEM Simulationsrechnungen von Schicht-Substrat- Systemen auf Parallelrechnern | 4 |
|---|--|---|