

EXAPT in der flexiblen CAD/CAM-Engineering-Kette bei BHI



BHI Baker Hughes Inteq

Für die Erkundung von Öl- und Gaslagerstätten und deren Ausbeutung ist Baker Hughes ein führender Lösungs- und Dienstleistungsanbieter.

Der Geschäftsbereich Baker Hughes *INTEQ* (BHI) stellt u.a. High-Tech-Untertage-Systeme für Richtbohren und Messdatenaufnahme her. Mit diesen ist es möglich, während des Bohrens gezielt die Richtung des Bohrmeißels zu steuern und Bodenformations-Untersuchungen durchzuführen. Die Werkzeuge sind dazu mit zahlreicher Sensorik und Elektronik ausgestattet, die sowohl der Datenverarbeitung untertage als auch der Datenkommunikation mit den Experten am Bohrturm dienen.

Produktbesonderheiten

Die Unterbringung der elektronischen Baugruppen in den mechanischen Komponenten des Erdbohrungsgestänges führt zu sehr komplexen Bauteilen <Bild 1>. Die hohen mechanischen Beanspruchungen erfordern entsprechend belastbare Werkstoffe, was die mechanische Bearbeitung nicht erleichtert. Rasante technologische Entwicklungen erfordern zügige Umsetzung in die Produkte, die ständig einer hohen Änderungsfrequenz ausgesetzt sind.

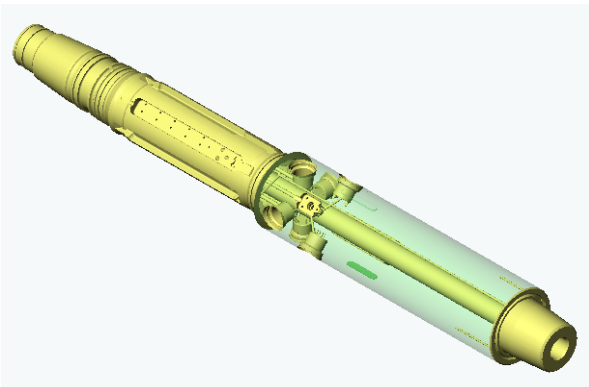


Bild 1: Komplexes BHI-Bauteil für die Aufnahme von Sensoren für Untertage-Richtbohrungen

Produktionsbesonderheiten

Wegen der erforderlichen kurzen Durchlaufzeiten, des permanent erforderlichen Abstimmungsbedarfs von Funktions- und Fertigungstechnologie werden insbesondere Prototypen von Schlüsselteilen zunächst intern gefertigt. Die Wiederholherstellung, deren Losgrößen häufig auch nur im einstelligen Stückzahlbereich liegen, erfolgt dann auch extern. Wiederholeffekte lassen sich intern allenfalls auf der Ebene gleicher oder ähnlicher Bearbeitungsabschnitte an den Werkstücken kostenwirksam nutzen. Das setzt voraus, dass eine transparente Bauteilgliederung erfolgt, die sich eng an Fertigungsaspekten orientiert. Das Rückgrat in der Fertigung bilden

leistungsfähige NC-Bearbeitungsmaschinen für die Komplettbearbeitung <Bild 2> mit hohen Genauigkeitsanforderungen für Werkstücke mit komplexen Formen und aus schwer zerspanbaren Werkstoffen. Simultanes Engineering ist Voraussetzung zur Einhaltung der eng gesetzten Liefertermine unter steigenden Anforderungen an die Auslegungssicherheit der Produkte. Das ist heute ohne leistungsstarke CAD/CAM-Systeme nicht effizient zu erreichen. Die CAD/CAM gestützte Bauunterlagen-Erstellung erfordert zur Sicherstellung der Eindeutigkeit für die Herstellung der komplexen Bauteile einen hohen Detaillierungsgrad bei gleichzeitig guter Transparenz, um insbesondere auch die darüber laufenden Änderungsfrequenzen zu beherrschen. Schließlich sind die Bauunterlagen im Falle der Fertigung bei Zulieferern so bereit zu stellen, dass diese ohne unnötige Zeitverzögerungen richtig interpretiert und in externe Systemwelten eingegliedert werden können. Flexible Organisationsbedingungen sind Voraussetzung für einen optimalen Durchsatz in der Engineering-Kette.

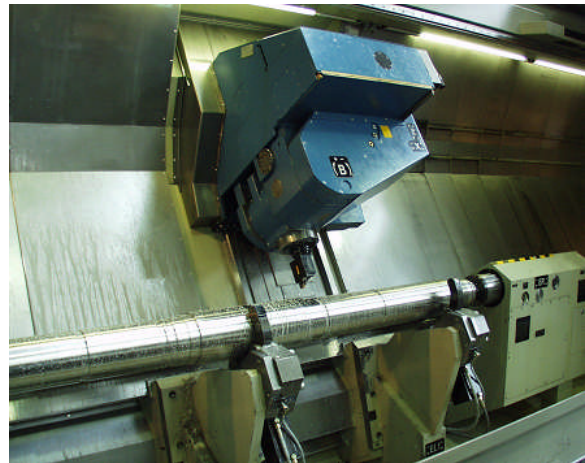


Bild 2: Komplettbearbeitung auf einem Dreh-/Fräszentrum Niles N40 MC

CAD/CAM-Konzeption

Um die gestellten Anforderungen zu erfüllen, wird ein CAD/CAM-Verbund aus SolidWorks und EXAPT-Systemen eingesetzt. Damit werden die Bauteile als Solid modelliert, für die Bauunterlagen Modelle der Fertigungszwischenstufen erstellt und 2D CAD-Zeichnungen abgeleitet sowie die CNC-gerechte Bearbeitungsmodellierung durchgeführt. Der Verbund für die CAD-Bauunterlagen wird entsprechend VDA Richtlinien 4955 *Umfang und Qualität von CAD/CAM-Daten* gefahren. Dementsprechend werden die Solids als Mastermodell genutzt und die systemtechnische Möglichkeit zur zeichnungsgesteuerten Solid-Modelländerung gesperrt. Für die Fertigung sind neben der Geometriemodellierung umfangreiche Angaben erforderlich, wie z.B. Oberflächenangaben, Toleranzen, Werkstoffeigenschaften, Verfahrensvorgaben, Standards, firmenspezifische Vorgaben u.ä. Bisher ist es die Regel, dass Solid-Systeme nur unzulängliche

Möglichkeiten bieten, alle Angaben direkt im Solidmodell zu handhaben bzw. zu verknüpfen. Deshalb werden neben dem Solidmodell dafür weitere Dokumente verwendet, wie Zeichnungen, Bohrungstabellen, Fertigungsanweisungen, die wiederum insgesamt über ein PDM-System verwaltet werden.

Die flexible CAD/CAM-Kette im Einsatz

Die komplexen Bauteile bei BHI wie in Bild 1 dargestellt werden übersichtlicher, wenn eine Untergliederung in einzelne Abschnitte bis zur Ebene einzelner Feature erfolgt. Dem entsprechend werden verfahrensspezifische Zwischenstufen modelliert, z. B. für das Tieflochbohren, Drehen, Bohren und Fräsen <Bild3>. Darin werden die zugehörigen Feature wie Bohrungen und Taschen eingebracht.

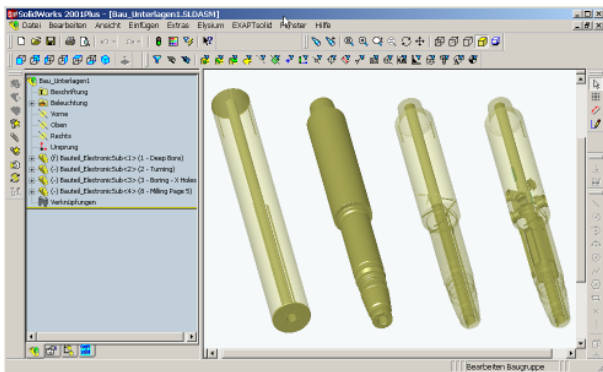


Bild 3: Zwischenstufenmodell für Tieflochbohren, Drehen, Bohren und Fräsen

Die Kette der Bauunterlagen für den Bearbeitungsabschnitt *Drehen* besteht aus folgenden Gliedern: dem Bauteilmodell <Bild 1>, der Konfiguration Solidmodell *Zwischenstufe Drehteil* <Bild 4>, der abgeleiteten und ergänzten CAD-Zeichnung, dem Bearbeitungsmodell auf der Basis Roh- und Fertigteile mit Prozessperipherie (Aufspannbedingung, Werkzeug, Werkzeugweg) und Prozessparameter <Bild 5> sowie dem zugehörigen NC-Steuerdatenabschnitt mit allen zusätzlich erforderlichen Begleitdaten für Fertigungsvorbereitung und -ausführung.

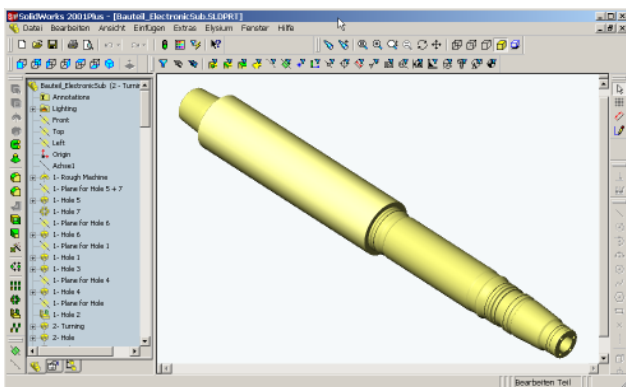


Bild 4: Solid-Modell Zwischenstufe Drehteil

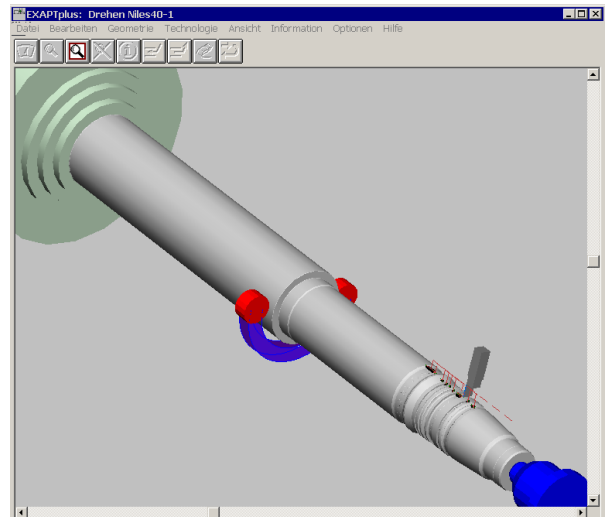


Bild 5: EXAPTplus Bearbeitungsmodellierung mit Prozessperipherie für das NC-Drehen

Die Bauteile enthalten einen hohen Anteil an Bereichen, bei denen eine Möglichkeit zur 1:1-Ableitung des CAM-Bearbeitungsmodells aus dem CAD-Geometriemodell nicht gegeben ist. Die NC-Programmierung wird deshalb dadurch geprägt, dass insbesondere die Werkzeugwege durch technologische Bedingungen bestimmt werden, wie Werkstoff-Eigenschaften, Rohteilbedingungen, Maschinenbedingungen u. ä.

Für Vorbearbeitungen ergeben sich z. B. auch Notwendigkeiten, geometrische Hilfskonstruktionen erstellen zu müssen, die keinen Funktionsbezug zum Bauteil haben und sich mit vertretbarem Aufwand nicht aus dem Solid-Modell des Bauteiles ableiten lassen. Mit dem Instrumentarium des eingesetzten CAM-Systems lassen sich diese fertigungsspezifischen Anforderungen anwendergerecht und effizient abdecken. Das EXAPT-System bietet flexible Möglichkeiten zur Überführung eines funktionsorientierten Bauteil-Modells zu einem fertigungsgerechten Bearbeitungsmodell. Es können die standardisierten Datenaustauschformate wie IGES, VDAFS bzw. auch spezifische, wie DXF, MI, u.ä. verwendet werden. In Verbindung mit Solid basierenden Systemen ergeben sich neue Möglichkeiten mit den Formaten STEP, xt und SAT sowie der Direktverbund zu verbreiteten Solid-Systemen. Mit EXAPTsolid kann die Funktionspalette mit einem AFR-Modul erweitert werden, der automatisch die Feature eines Solidmodells erkennen kann. Für BHI bieten folgende Funktionen aus der Palette der EXAPT-Einsatzmöglichkeiten besondere Vorteile: EXAPT-Unterprogrammtechnik, CNC-Zyklusadaption, Geometriemodellierung außerhalb des Bauteilmodelles, Verbundeinsatz in der Engineeringkette, benutzergestaltbare Systemoberfläche und Adaptionsfähigkeit an firmenspezifische Bedingungen.

Wenn eine 1:1-Ableitung aus Solid-Modell zu Bearbeitungsmodell nicht gegeben ist, dann lässt sich bei einer konstruktiven Änderung auch ein automatischer Änderungsprozess bis in die NC-Steuerdatenebene nicht erfolgreich umsetzen. Aus Sicht der Produktsicherung besteht jedoch dennoch das Gebot nach Transparenz von Bauunterlagen über die

gesamte Engineeringkette. In der Regel läuft bei BHI die Fertigung der Prototypen bereits an, bevor diese konstruktiv vollständig detailliert sind. So muss der Bezug zwischen Funktionsfeature und dem zugehörigen Bearbeitungsabschnitt leicht zugeordnet werden können, damit Änderungsdurchläufe in kürzester Zeit durchführbar sind für ein Werkstück, das sich bereits in der Fertigung befindet. Diese Anforderung wird bei BHI dadurch erfüllt, dass über eine entsprechend featureorientierte und strukturierte Modellierung der Bauteile gestaffelte Gruppierungsmerkmale und -bezeichnungen benutzt werden, die über alle abgeleiteten Bauunterlagen einheitlich als Wegweiser eingefügt sind.

Beispielhaft sei die Bohrung *Hole8* dargestellt, die unter dieser Bezeichnung im Solid-Modell angelegt wurde und im Strukturbaum des CAD-Systems, in den zugehörigen Konfigurationen, in den CAD-Zeichnungen, im Werkstückmodell für die NC-Bearbeitung <Bild6> und allen zugehörigen NC-

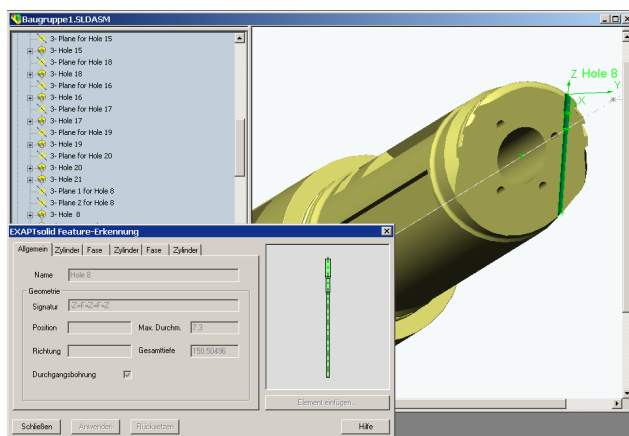


Bild 6: Hole 8 als Feature, durchgängig von der Konstruktion zur Fertigung

Fertigungsunterlagen bis hin zu den CNC-Zyklen <Bild7> weitergeführt wird. Für den Fall, dass sich an dem Feature *Hole8* etwas ändert, ist es somit relativ einfach, aus der Fülle aller Bauunterlagen (Modelle, Zeichnungen, Tabellen, Fertigungsunterlagen) den Abschnitt mit den zugehörigen Modellierungsdetails herauszufinden und alle erforderlichen Anpassungen vorzunehmen, die zur Herstellung des adäquaten Teiles erforderlich sind. Dabei können alle Bereiche der Bauunterlagen, auf die sich keine Auswirkungen ergeben, erhalten bleiben. So muss im Änderungsfalle insbesondere nur der zu *Hole8* gehörende NC-Steuerdatenabschnitt geändert werden und in dem vorhandenen NC-Steuerprogramm ausgetauscht werden. Für die Kommunikation aller beteiligten Personen vom Konstrukteur bis zum Maschinenbediener bietet dieses Vorgehen entscheidende Vorteile zur Orientierung und Zuordnung komplexer Sachverhalte.

NC - Programmstruktur

Durchgängigkeit der Daten aus EXAPTplus

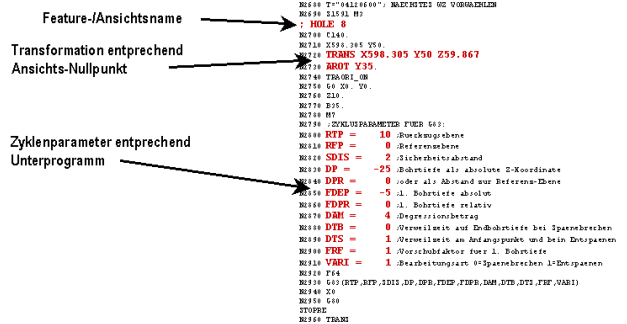


Bild 7: Hole 8 im CNC-Zyklus

Die Solid-Modellierung bietet für die Fertigung die realitätsnahe Visualisierung für die Spannplanung und die Kollisionsbetrachtung <Bild 8> kritischer Fälle. Für die Entlastung der Anwender ist es von Vorteil, wenn die Solid-Modelle der betreffenden Planungsobjekte (Maschine, Aggregate, Vorrichtungen usw.) von den Lieferanten gestellt werden.

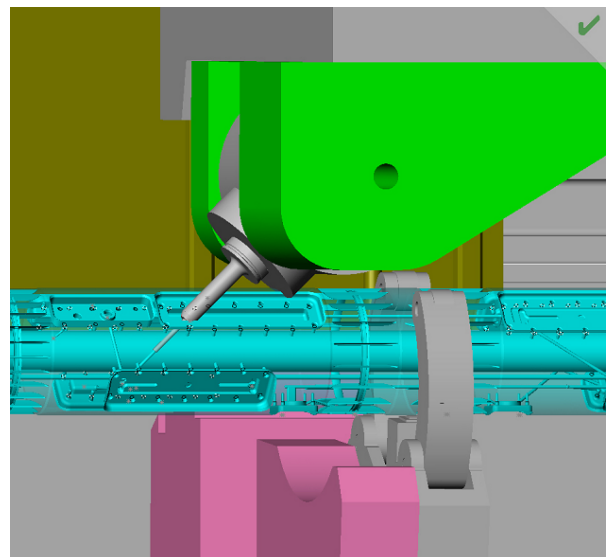


Bild 8: Realitätsnahe Kollisionsbetrachtung mit Solid-Modellen aller Planungsobjekte

Die Erfolgsfaktoren

Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung pragmatischer Lösungsansätze zur flexiblen CAD/CAM-Nutzung in die Realität waren die klaren Zielpositionen aus der Anwendung, die Funktionsbreite und Einsatzflexibilität der ausgewählten Systeme in der CAD/CAM-Kette, die fertigungs- und maschinengerechten CAM-Funktionen auch für Detailprobleme und die stufenweise konsequente Einführung unter Nutzung der Kompetenz der Systemlieferanten.

