



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 3003/87

22 Anmeldungsdatum: 03.08.1987

30 Priorität(en): 04.08.1986 US 892616
03.06.1987 US 058687

24 Patent erteilt: 31.10.1991

45 Patentschrift
veröffentlicht: 31.10.1991

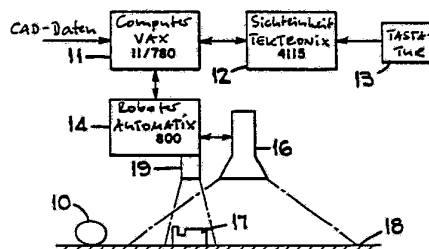
73 Inhaber:
FMC Corporation, Chicago/IL (US)

72 Erfinder:
Garcia, Christopher J., Morgan Hill/CA (US)
Lincoln, Leslie O., Sunnyvale/CA (US)
Johnson, Keith A., San Jose/CA (US)
Grillot, David V., Palo Alto/CA (US)
Pastusak, Thomas W., San Jose/CA (US)

74 Vertreter:
E. Blum & Co., Zürich

54 Verfahren und Vorrichtung zum Prüfen eines Werkstücks mit Abmessungs- und Toleranzvorgaben.

57 Das System vergleicht dreidimensionale Modelle von aus CAD-Daten für ein Werkstück (17) konstruierten Prüflernen mit Standard-Abmessungs- und Toleranzvorgaben mit dreidimensionalen Modellen, die aus am Werkstück abgenommenen Prüfdaten erstellt werden. Der Vergleich erfolgt sowohl graphisch zur Unterstützung der Bedienungsperson als auch mathematisch zur Bestimmung des Werkstückzustands. Dabei stellt sich ein Werkstück als toleranzhaltig oder nicht heraus; im letzteren Fall wird bestimmt, ob das Werkstück nacharbeitbar oder Schrott ist. Weiterhin kann das System Toleranzvorgaben auf richtige Syntax prüfen, die Schrittfolge für einen bestimmten Job vor der Jobausführung definieren, für ein bestimmtes Werkstück eine Toleranz- sowie eine statistische Analyse für gepaarte Teile durchführen und Toleranzvorgaben für feste und schwimmende Befestiger an Werkstücken erstellen.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen eines Bauteils mit bekannten Abmessungen und Toleranzvorgaben unter Verwendung eines Rechners, der an eine mehrdimensional bewegbare Positionsmessvorrichtung angeschlossen ist, um die Orte von baulichen Merkmalen des Werkstücks zu bestimmen, und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Dieses Verfahren ist erfindungsgemäss durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 gekennzeichnet.

Die Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens ist erfindungsgemäss durch die Merkmale des Anspruches 8 gekennzeichnet.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- 15 Fig. 1 als Blockdiagramm die Bestandteile des erfindungsgemässen Systems,
- Fig. 2 ein Flussdiagramm für das computerintegrierte Prüfsystem,
- Fig. 3 eine Perspektivdarstellung eines Modells eines zu prüfenden gefertigten Teils,
- Fig. 4 eine Perspektivdarstellung einer erfindungsgemäss aufgebauten Prüflöhre,
- Fig. 5 schaubildlich das Erstellen eines Prüfweges,
- 20 Fig. 6A eine Draufsicht der Prüflöhre nach Fig. 4,
- Fig. 6B eine Draufsicht des Fertigungsteiles nach Fig. 1,
- Fig. 7 ein Flussdiagramm mit Einzelheiten des Anfangs des Flussdiagramms der Fig. 2,
- Fig. 8 ein Flussdiagramm, das Einzelheiten nachfolgender Teile des Flussdiagramms nach Fig. 2 zeigt,
- Fig. 9 ein weiteres Flussdiagramm mit Einzelheiten flussabwärtiger Teile des Flussdiagramms nach
- 25 Fig. 2,
- Fig. 10 ein Datenflussdiagramm des Systems,
- Fig. 11 eine Tabelle repräsentativer ANSI-Normsymbole für Toleranzvorgaben (Toleranzrahmen),
- Fig. 12 eine Perspektivdarstellung eines gefertigten Bauteils mit Bezugsorten,
- Fig. 13A–13C tabellarisch Prüflöhren und Bezugsorte für das gefertigte Teil nach Fig. 12,
- 30 Fig. 14 eine Draufsichtdarstellung eines Teils mit syntaktisch falscher Merkmalsangabe,
- Fig. 15 eine Draufsicht des Teils nach Fig. 14 mit einer weiteren syntaktisch falschen Merkmalsangabe,
- Fig. 16 eine Draufsicht gepaarter Teile, die verträgliche Angaben für Teilemerkmale zeigt.

35 Eine Kurzbeschreibung für die vom beschriebenen System ausgeführte Funktion ist CIG (Computer Integrated Gaging = rechnerintegriertes Prüfen).

Das System ist in Fig. 1 gezeigt, in der eine Rechenanlage 11 beispielsweise des Typs VAX 11/780 an eine Sichteinheit 12 beispielsweise des Typs Textronics 4115 angeschlossen ist. Mit einer Tastatur 13 lassen sich Daten in das System eingeben, die der Rechner dann für die Systemsteuerung benutzt. Die Tastatureingaben werden auch auf dem Sichtgerät 12 dargestellt. Bei der Mechanik bzw. dem Roboter 14, der eine dreidimensionale Bewegung in einem vorgegebenen Raumbereich ausführen kann, kann es sich um das Modell Automatix AID 800 handeln. Eine Kamera 16 ist an einem bekannten Ort über dem Arbeitsbereich angeordnet und dient dazu, die Orientierung eines auf der Auflagefläche 18 befindlichen Teils 17 zu bestimmen. Ein Fühler 19 ist am Roboter 14 angebracht; es kann sich dabei um eine berührungsfrei arbeitende (NCI) Prüfeinrichtung handeln, wie sie in Fig. 1 als Laser der Firma SELCOM dargestellt ist. Es wird darauf hingewiesen, dass die Positionsfühlvorrichtung 19 auch eine Koordinatenmessmaschine (CMM) oder eine NC-Werkzeugmaschine mit einer Tastsonde sein kann.

Wie das Flussdiagramm der Fig. 2 zeigt, ist der erste Schritt des Verfahrens das Erstellen einer Prüflöhre. Hierzu werden CAD-Konstruktionsdaten für ein Teil 17 an den Rechner 11 gegeben (Fig. 1) und danach in einer Perspektivdarstellung (vergl. Fig. 3) zusammen mit Abmessungs- und Toleranzangaben entsprechend den Abmessungs- und Toleranznormen («geometric dimensioning and tolerancing standards»; GD&T-Normen) dargestellt (vergl. 20). Die gewählte Darstellungsnorm entspricht hier der ANSI-Norm Y 14.5 der Regierung der Vereinigten Staaten. Es sind drei Flächenbezüge A, B und C gezeigt. Alternativ kann es sich bei den Bezügen auch um den Rand eines Teils, einen Punkt auf einem Teil, ein Loch und dergleichen handeln. Wie in Fig. 3 gezeigt ist, weisen die Abmessungsvorgaben vier Bohrungen mit jeweils 25,4 mm (1 in.) plus 3,18 mm (0,125 in.) minus 0,0 mm auf dem Modell 20 des Teils 17 aus. Diese Abmessungs- und Toleranzvorgaben stellen ein kritisches und wesentliches Merkmal des dargestellten Teils dar. Die Positionen der Bohrungen sind mit dem im Toleranzrahmen verwendeten Symbol als «wahre Positionen» («true position») – vergl. Fig. 11 – gekennzeichnet. Es sind für die Toleranzangaben auch andere Bezeichnungsweisen möglich, beispielsweise als Flächenprofil oder Über- bzw. Untermass. Die Bohrungen in Fig. 3 müssen so angeordnet sein, dass ihre Mittelpunkte am gefertigten Teil unter MMC-Bedingungen («maximum material conditions», kleinstes Loch) nur innerhalb eines Kreises mit 1,52 mm (0,06 in.) Durchmesser verschoben liegen. Ist die Bohrung grösser als die MMC-Angabe, wächst der Durchmesser des Toleranzkreises proportional. Die «wahre Position» jedes Lochs wird bezüglich der drei angegebenen Flächen A, B, C angegeben.

Die Bedienungsperson beobachtet die ideale Ausbildung oder das Modell 20 des Teils 17 auf dem Sichtgerät 12 und kann dem System über die Tastatur 13 eine der verschiedenen Toleranz-Angabekonventionen bezeichnen, die als Menü auf dem Bildschirm erscheinen. In der Darstellung nach Fig. 3 ist die «wahre Position» vorgegeben, und eine Laufmarke (Cursor) wird auf dem Bildschirm so verschoben, dass sie das Abmessungs- und Toleranzfeld für die vier Bohrungen des Teils 17 bezeichnet; diese Abmessungs- und Toleranzangabe wird vom Rechner übernommen und von ihm auf korrekte Syntax geprüft. Ist die Toleranz-Syntax einwandfrei, erzeugt der Rechner ein Modell 21 einer Prüflere, wie sie in Fig. 4 gezeigt ist; die Konsistenz der Toleranzsymbolik wird damit bestätigt. Aus der vorherigen Beschreibung des Teils anhand seiner Konstruktionsdaten und den auf die beschriebenen Merkmale angewandten Toleranzen erstellt nun der Rechner eine Prüf- bzw. Funktionslehre mit den gleichen Toleranzbezügen, die für das Teil gelten, und stellt sie auf dem Bildschirm dar; dieser Schritt ist in Fig. 2 bei A gezeigt. Die Prüflerendaten werden zwecks weiterer Verwendung abgespeichert.

Der Konstrukteur hat für das in einer Anordnung zu verwendende Bauteil bestimmte Abmessungs- und Toleranzvorgaben gemacht. Für dieses Bauteil sind soeben Prüfdaten erstellt worden. Das System führt nun durch, was in Fig. 2 als Toleranzanalyse bezeichnet ist. Der Zweck der Toleranzanalyse ist, zu bestimmen, ob das Bauteil mit seinen Toleranzvorgaben unter allen Toleranzbedingungen mit dem ihm zugehörigen Teil in der Anordnung zusammenpasst. Einzelheiten dieses Prüfvorgangs sind in Fig. 7 gezeigt. Die Bedienungsperson muss entscheiden, ob die dem Teil vom Konstrukteur zugewiesenen Toleranzen analysiert oder neue optimale Toleranzen für das Bauteil definiert werden sollen. Sollen vorliegende Toleranzen analysiert werden, generiert der Rechner ein Worst-Case-Bauteil im sogenannten «virtuellen Zustand» (ANSI Y 14.5), in dem sich sämtliche Bohrungen an der unteren Toleranzgrenze und alle Ansätze, Flansche usw. an der oberen Toleranzgrenze befinden. Sind weiterhin die Bohrungen bezüglich der «wahren Position» bemessen, wird ihre Grösse weiter um die angegebene Positionstoleranz verringert. Diese Verfahrensweise simuliert einen Zustand, in dem die Bohrungen zur Darstellung des «worst case» – an den entgegengesetzten Grenzen ihres zulässigen Toleranzbereiches liegen.

Nachdem der Rechner das Worst-Case-Bauteil (virtueller Zustand, MMC-Zustand und maximale Positionsabweichung) erstellt hat, werden die Bezüge der Toleranzvorgaben mit denen des gepaarten Teils ausgerichtet. Der Rechner generiert dabei auch dieses gepaarte Teil in seinem virtuellen Zustand. Er prüft die Verträglichkeit des toleranzanalysierten Bauteils mit dem mit ihm gepaarten Bauteil. Passen sie zueinander, werden die Toleranz- zusammen mit den Konstruktionsdaten zur weiteren Verwendung gespeichert; passen sie nicht zueinander, geht der Prozess zum Punkt G (Fig. 7) zurück, damit die Konstruktion toleranzmässig durch das Ansetzen von Bohrungen und/oder Einsätzen mit anderen Nennmassen verbessert werden kann (d.h. zur Änderung der Modellgeometrie).

Wie in Fig. 7 gezeigt ist, wird, wenn die vorgegebenen analysierten Toleranzen nicht passen, das Bauteil beginnend bei G erneut geprüft oder modifiziert. In einem Fall lassen sich neue Toleranzen vom Konstrukteur in das System eingeben; an diesen erfolgt dann eine Syntaxprüfung. Alternativ werden zur Änderung der Modellgeometrie die Toleranzen analysiert; unter der Annahme einer korrekten Toleranzsyntax erstellt dann der Rechner eine neue Prüflere. Die Analyse eines beliebigen Satzes bestehender Toleranzen erfordert die Wiederholung des soeben beschriebenen Vorgangs.

Das CIGMA-System kann einen beliebigen Satz Toleranzen nach GD&T-Angaben analysieren. Derzeit kann es jedoch nur für zwei bestimmte Konstruktionsfälle neue Toleranzen definieren, d.h. feste und schwimmende Befestiger. In diesen Spezialfällen, in denen Teile unter Spannung zusammengehalten werden, erfolgt die FFF-Analyse («fixed and floating fastener»). Ein Bolzen ist ein Beispiel für einen Befestiger. Er kann durch ein Teil hindurchverlaufen oder in es eingeschraubt sein. Ein Befestiger wird im allgemeinen nach der US-Norm H-28 ausgewählt. Dabei geht der Konstrukteur aufgrund einer Spannungsanalyse vor. Die angegebene US-Norm gibt die Bolzenmasse für US-Bundesdienste an, einschliesslich des Körperdurchmessers, der Auflagefläche und der Gewindelänge. Die Grösse der zugehörigen Bohrung wird dann mit der Ober- und Untergrenze berechnet und eine auf die «wahre Position» bezogene Toleranz für die Bohrung angegeben. Die Bezüge für die Position der Bohrung werden mit Toleranzdaten wie Flachheit, Gradheit, Rundheit und Zylindrizität versehen, um sicherzustellen, dass etwaige Positionsabweichungen von den Bezügen geringer sind als 10% des angegebenen Fehlers bezüglich der wahren Position. Beträgt beispielsweise die Positionstoleranz der Bohrung (wahre Position) 1,52 mm (0,06 in.) dürfen Fehler infolge von Flachheitsabweichungen der als Bezug für die Lochposition dienenden Bezugsfläche nicht mehr als 0,152 mm (0,006 in.) zur Lochlageabweichung beitragen. Auf diese Weise ist die Austauschbarkeit der Teile gewährleistet.

Danach werden die Toleranzen vom Programm analysiert, um zu gewährleisten, dass die Auflagefläche des Befestigers durch den Lochpositionsfehler bezüglich des zugehörigen Teils des Bauteilpaars für das analysierte Bauteil nicht verringert wird, nämlich als Folge einer seitlichen Verschiebung des analysierten Teils derart, dass die Auflagefläche unter dem Kopf beispielsweise eines Gewindebolzens teilweise über der Lochfläche, nicht auf der das Loch umgebenden Werkstückoberfläche aufliegt. Wie ersichtlich, erfolgt eine optimale Toleranzanalyse (Definition neuer Toleranzen) durch das CIGMA-System für zwei spezielle Fälle der GD&T-Toleranzvorgabe, nämlich für feste und schwimmende Befestiger, während das CIGMA-System eine Worst-Case-Analyse (Analyse vorliegender Toleranzen) für alle Fälle der GD&T-Toleranzvorgabe durchführt.

Die Fig. 2 zeigt nun den auf die Toleranzanalyse folgenden Schritt, nämlich das Erzeugen eines Prüf-

weges für das dreidimensional bewegbare Element, das Teil des Roboters 14 der Fig. 1 ist. Die Einzelheiten dieser Prüfwegerzeugung sind im Flussdiagramm nach Fig. 7 dargelegt. Dieser Prozess kann nicht anlaufen, bevor gewährleistet ist, dass eine Prüfflehre für das jeweilige Teil gebaut worden ist und die Analyse der Konstruktionstoleranzen gezeigt hat, dass das Bauteil einwandfrei mit dem zugehörigen Bauteil zusammenpasst. Nachdem die Prüfflehre gebaut und die Toleranzanalyse erfolgreich abgeschlossen ist, wird die Prüfweggraphik erzeugt und dargestellt, wie dies in Fig. 5 gezeigt ist. Die x-markierten Punkte stellen Messpunkte auf den Flächen A, B, C dar. Drei Prüfpunkte auf jeder der Flächen A, B, C definieren diese. Auf dem Bildschirm 12 wird eine Sonde 22 mit einer Anzahl von Spitzen 22a gezeigt, die wahlweise einen der Prüfpunkte (auf Fläche C gezeigt) des CAD-Bauteilmodells 20 berühren. Der Gegenstand 22 in Fig. 5 wird als SONDENSATZ bezeichnet: Ein Sondenvektor erstreckt sich vom SONDENSATZ und ist an seinem freien Ende mit einer Sondenspitze 22a versehen. Im System ist eine Anzahl von Sichtdarstellungen verfügbar. Ein Sondenvektor kann auf dem Bildschirm zu jedem der x-markierten Prüfpunkte der Fig. 5 geführt werden.

Alternativ kann die Spitze 22a des jeweils verwendeten Sondenvektors auf dem Bildschirm blinken. Ebenfalls verfügbar ist eine Darstellung, bei der der SONDENSATZ 22 das Bauteilmodell 20 umfährt und dabei die Sondenspitzen nacheinander an die Prüfpunkte angesetzt werden. Der Weg der Sondenspitze in der jeweils eingesetzten Darstellungsweise ist ein logisches Fortschreiten von einem Punkt (x) zum nächsten, unter Berücksichtigung der kürzesten Verbindung zwischen ihnen und unter Umgehung von Hindernissen. Dieses Fortschreiten soll dem Benutzer die Richtung angeben, aus der die Sonde die zu prüfende Fläche anfährt, und Informationen liefern, die dazu verwendet werden können, Kollisionen zwischen dem SONDENSATZ und dem Bauteil zu vermeiden. Für jedes spezielle Bauteilmerkmal werden an jedem Berührungspunkt der Sonde Messwerte erzeugt. Es ist weiterhin zu ersehen, dass jeder der vier Bohrungen im Teil 17 drei Messpunkte zugeordnet sind, die jedes der Löcher vollständig definieren. Nach dem Abtasten der Prüfweggraphik erzeugt der Rechner auf Befehl ein Wegprogramm entsprechend dem auf dem Bildschirm dargestellten Prüfweg. Dieses Wegprogramm wird zu einem für den Roboter 14 lesbaren Programm umgewandelt; die Prüfwegdaten werden zwecks späterer Verwendung gespeichert. Dieser Teil des Prozesses ist bei B in Fig. 2 und Fig. 7 gezeigt.

Soll der Prüfweg modifiziert werden, wird über die Tastatur 13 eine Funktion eingegeben und die Laufmarke bzw. der Vektor auf dem Bildschirm 12 vom Benutzer gesteuert. Ein Menü der erwünschten Änderungen im Prüfweg wird ausgegeben, wobei der Benutzer beispielsweise einen Prüfpunkt auf einer Oberfläche hinzufügen oder die Bewegung des bewegbaren Elements umrichten kann, um ein Hindernis zu vermeiden. Falls ein weiterer Prüfpunkt auf einer Oberfläche zwecks Prüfung vorgegeben werden soll, wird die zugehörige Funktion angewählt, die Laufmarke auf den zusätzlichen Prüfpunkt gesetzt und das Programm über die Tastatur von der Hinzufügung unterrichtet. Falls ein Teil des Prüfweges des bewegbaren Elements geändert werden soll, um ein Hindernis zu umfahren, wird die angewiesene Funktion ausgewählt und mit der Laufmarke ein Punkt bzw. eine Punktfolge auf dem Bildschirm markiert, die das bewegbare Element nun berühren bzw. durchfahren soll, um das Hindernis zu vermeiden. Die neuen Punkte werden in das Prüfprogramm mit der Tastatur eingegeben und so das den Weg des bewegbaren Elements beschreibende Programm geändert. Nach dem Erzeugen und/oder Ändern des Prüfwegs kann das Prüfwegprogramm aufgerufen und auf dem Bildschirm dargestellt werden, wobei die Laufmarke den gesamten Prüfweg durchläuft zur Anzeige der Bewegungsfolge des bewegbaren Elements auf dem Roboter 14.

Wie in Fig. 2 gezeigt ist, betrifft nach dem Erzeugen des Prüfwegs und den gegebenenfalls erwünschten Änderungen an ihm der nächste Prozessabschnitt die Jobausführung. Ein «Job» ist dabei eine Aufgabe, die das CIGMA-System ausführen kann, einschliesslich des Schneidens von Teilen, einer statistischen Prozesssteuerung usw. Jobs lassen sich von Hand durch Tastatureingabe oder selbsttätig unter Rechnersteuerung durchführen. Ist eine automatische Ausführung erwünscht, wird zunächst die Jobsteuersprache definiert, wie im folgenden beschrieben. Danach wird die Jobausführung durch eine Sichtdarstellung auf dem Bildschirm simuliert. Alle durchzuführenden Schritte werden auf dem Bildschirm simuliert. Nachdem sie die Brauchbarkeit der Simulation festgestellt hat, ruft die Bedienungsperson eine Jobausführungsautomatik auf. Das Brauchbarkeitskriterium ist, dass alle Analyseläufe mit Nullabweichung vom Perfektzustand korrekt verliefen. Die Wahl der selbsttätigen Jobausführung durch die Bedienungsperson erfolgt an einem Bildschirmmenü «Run Job» (Jobausführung), aus dem sie die Hand- oder die selbsttätige Durchführung wählt.

Wie weiter in Fig. 2 gezeigt ist, ist der nächste Verfahrensschritt das Messen von Daten am gefertigten Teil 17, aber erst, nachdem die Prüfflehre gebaut und der Prüfweg erzeugt worden sind, wie oben beschrieben und in Fig. 8 dargestellt ist. Weiterhin erfolgt eine Feststellung, ob der Job durch die Bedienungsperson von Hand oder vom System selbsttätig durchgeführt werden soll, wie ebenfalls oben beschrieben ist. Falls eine automatische Jobsteuerung implementiert ist, wird das gespeicherte Jobsteuerprogramm aufgerufen, wie dies in Fig. 8 bei E gezeigt ist, und der Prozess läuft rechnergesteuert weiter. Ansonsten werden die nachfolgenden Funktionen nacheinander mit der Tastatur unter Anwahl der verschiedenen Menüpositionen von der Bedienungsperson ausgeführt.

Die Ausrichtung des Teils 17 auf der Auflagefläche 18 wird mit der Kamera 16 erfasst, die an einem bekannten Ort über dem definierten Arbeitsraum angeordnet ist. Die Teileausrichtung dient dazu, den Prüfweg festzulegen, wie er vom bewegbaren Element durchfahren werden soll. Das bewegbare Ele-

ment wird durch Betätigen des Roboters 14 auf dem orientierten Prüfweg geführt. Der Sensor 19 (NCI oder CMM), der am Roboter angebracht ist, nimmt Positionsdaten für die interessierenden körperlichen Merkmale des Werkstücks auf, die dann in eine Form gebracht werden, in der sie als Modell 17a des Werkstücks auf der Sichteinheit 12 dargestellt werden können. Das gemessene Modell 17a des Werkstücks 17 wird dann zur weiteren Verwendung abgespeichert. Dies ist in den Fig. 2 und 8 bei C gezeigt.

Wie in Fig. 2 nach C gezeigt, werden am Werkstück 17 aufgenommene Messdaten (die zur Konstruktion des Messmodells 17a dienen) statistisch analysiert, wie unten ausführlich unter Bezug auf die Fig. 9 erläutert. Dabei bestimmt entweder die Bedienungsperson oder das Jobsteuerprogramm (je nachdem, wer die Kontrolle hat), ob die Messdaten relativ zur bei A konstruierten Prüfllehre oder zu den bereits an Stichproben des gleichen Bauteils aufgenommenen Messwerten (oder beiden) analysiert werden. Falls letzteres zutrifft, wird die Messung statistisch analysiert und aus dem Ergebnis bestimmt, ob der Prozess die Kontrolle hat, wie im folgenden beschrieben. Ein ausser Kontrolle geratener Prozess wird abgebrochen und die Ursache der statischen Abweichung ermittelt. Falls die Analyse relativ zur konstruierten Prüfllehre erfolgt, werden die Messdaten mit der Prüfllehre 21 der Fig. 4 verglichen. Wie die Fig. 9 zeigt, müssen die die Prüfllehre 21, den Prüfweg zwischen den Prüfpunkten der Fig. 5 darstellenden Daten und die Messungen am Werkstück 117 abgeschlossen und vollständig sein, bevor der Vergleich oder die statistische Untersuchung durchgeführt werden kann. Die statistischen Daten aus dem Prozess werden unter Berücksichtigung der gemessenen Werkstückdaten aktualisiert. Die Art der durchzuführenden Analyse, d.h. eine statistische oder eine relativ zur Prüfllehre, wird von der Bedienungsperson oder von der Jobsteuersprache entschieden. Ist eine Analyse relativ zur Lehre gewählt worden, werden die Daten der Prüfllehre 21 und des ausgemessenen Werkstücks 17a aufgerufen und graphisch auf der Sichteinheit 12 und mathematisch im Rechner 11 verglichen. Die Prüfllehre 21 der Fig. 6A wird allgemein auf dem Bildschirm grün, das Modell 17a des Werkstücks 17 cyan (hellblau) dargestellt. Das Lehren- und das Werkstückmodell werden dann übereinandergelegt, so dass das Werkstück mit der Lehre unmittelbar sichtbar verglichen werden kann. Es findet auch eine mathematische Analyse statt. Die farbige Sichtdarstellung zum Vergleich durch die Bedienungsperson erfolgt lediglich zu deren Komfort und zur Verifikation. Es lässt sich nach Sicht unmittelbar feststellen, ob die Lehre und das Werkstück einander schneidende Flächen haben, da sie farblich unterschiedlich dargestellt werden. Es sind jedoch die vom Rechner generierten Ergebnisse des mathematischen Vergleichs, die danach verwendet werden und zu diesem Zeitpunkt abgespeichert werden, wie bei D gezeigt. Die Vergleichsergebnisse werden auch zur Auswertung in anderen Systemen bereitgehalten, die dem hier offenbarten integrierten Prüfsystem zugeordnet werden können.

Danach werden die Vergleichsergebnisse in Form eines Fehlerberichts formuliert, wie in Fig. 9 zu sehen ist, der auf den Bildschirm 12 aufgerufen wird. Falls keine Fehler vorliegen, wird eine grüne Leuchte erregt als Anzeige, dass das Werkstück toleranzhaltig ist. Haben die Messungen Toleranzüberschreitungen ergeben, werden diese daraufhin untersucht, ob sich das Werkstück durch Nacharbeiten retten lässt. Dies erfolgt im dargestellten Fall durch graphisches Erweitern der Bohrungen auf ihre erlaubte Maximalgrösse (LMC-Zustand, geringstes Material) und erneuten Vergleich der nachgearbeiteten Bohrungen im Werkstückmodell mit der Prüfllehre 21. Falls die Lehre in das Werkstück passt, wird eine gelbe Leuchte erregt und damit angezeigt, dass das Werkstück sich nacharbeiten lässt. Passt die Prüfllehre nicht in das nachgearbeitete Werkstückmodell, leuchtet eine rote Leuchte auf und zeigt damit an, dass es nicht mehr nacharbeitbar und Schrott ist.

Ist eine statistische Analyse gewählt worden, wird die statistische Geschichte einer gemessenen Abmessung eines angegebenen Werkstücks geprüft. Hierzu werden die gemessenen Abmessungen fortwährend überwacht. Die zuletzt eingegebene Werkstückmessung wird untersucht, um zu bestimmen, ob das Verfahren noch unter Kontrolle ist; es wird also festgestellt, ob der Messwert innerhalb des Bereichs unter der Glockenkurve einer Normalverteilung innerhalb $+3\sigma$ vom Mittelwert der Normalverteilung liegt. Ist dies für den letzten Messwert der Fall, nimmt das Programm weitere Werkstückdaten auf. Fällt ein Messwert aus dem $+3\sigma$ -Bereich unter der Glockenkurve hinaus, wird der Prozess angehalten und die statistischen Bereiche für die jeweilige Messgrösse ausgegeben. Die Fehlerursache lässt sich so aus einer Analyse von Tendenzen in der statistischen Prozessgeschichte ermitteln. Der Prozess wird dann repariert, so dass derartige Ausreisser weniger wahrscheinlich auftreten.

Es folgt nun ein verkürztes Programmlisting, das eine Art einer Programmformulierung zum Betrieb des hier offenbarten Mess- und Prüfprozesses zeigt. Copyright FMC Corporation 1987.

SUBROUTINE CX190

PURPOSE: TO SAVE THE CURRENT MODAL SETTINGS THAT WE
 CHANGE,
 TO SET UP THE INITIAL CIG MODALS
 TO INVOKE THE CIG FUNCTIONS VIA AN
 ANVIL MENU SELECTION OF 5,11,7
 TO RESET THE OLD MODALS ON EXIT FROM CIG
 MODIFIED TO SET THE IMPLICIT POINT MODE TO
 DEFINE AS DISPLAYED
 ON ENTRY TO CIG - RESTORES TO PREVIOUS VALUE
 ON EXIT
 MODIFIED TO NOT CHECK THAT A DCS IS ACTIVE
 UPON ENTRY TO CIG SOFTWARE
 MODIFIED TO SET THE DEPTH ENTRY MODAL MVIEW
 (15) AND TO SET THE TIME PERIOD BETWEEN
 FILING FLAG IMODE(39)
 MODIFIED TO REENABLE THE USERS DCS ON EXIT

SET PDQFLG=0 ON ENTRY AND
 SAVE SET GEOMETRY PRESENTATION MODAL
 (IMODE(8))
 TO INDICATE GEOMETRY IN ALL VIEWS, AND
 DRAFTING IN WORK
 VIEW ONLY.

STORE GAGE FILE RELATIVE POSITION POINTERS
 SO THAT OLD GAGE FILES COULD BE RESTORED
 IUSER(7),IUSER(8),IUSER(9)

ARGUMENTS:

<u>TYPE</u>	<u>NAME(DIM)</u>	<u>I/O</u>	<u>DESCRIPTION</u>
-------------	------------------	------------	--------------------

SUBROUTINES CALLED:

ANVIL VERSION 1.5
 USER WRITTEN -

LOCAL VARIABLES:

<u>TYPE</u>	<u>NAME(DIM)</u>	<u>DESCRIPTION</u>
-------------	------------------	--------------------

Define local COMMON block to for device type to TEKA,
TIKE, TEKO, and TERMA

```

5  LMODE = 1 implies last output was to alpha device
      = 0 implies last output was to graphics device
  FMCDV = 0 implies standard mcs device
      = 1 implies Retro-Graphics input and output
10      device
      = 2 implies Code Activated Switch in use

```

DATA INITIALIZATION

15

BEGIN PROCEDURE

20

```

CALL MVBITS (1,0,1,IMODE(30),1)  !SET BIT POSITION
                                   !1 TO 1 WHICH SAYS
                                   CTRLW
                                   !ENABLED
25

```

SET PDQMOD FLAG SO WE KNOW WHICH CORELOAD TO RETURN TO

30

SET PDQFLG TO INDICATE NORMAL USER INTERACTION WITH
CIG. THIS HELPS CLRALPHA/IG08 CLEAR CORRECTLY WHEN
NECESSARY

35

SET GOSW(10)= PDQMOD, SO WE CAN REENTER AT TOP OF THIS
ROUTINE

40

IF CX190 IS BEING REENTERED VIA A CTRLI HIT FROM
INSIDE CIG, THEN DO NOT REINITIALIZE MODALS ETC.

45

```

IF (REENTER190) THEN !REENTER190 IS SET BY GRU03 IF
CTRLI HIT CALL PDQINIT(1) !REINITIALIZE PDQ JUMP ARRAY
TO INDICATE NO
50 END IF

```

55

THIS IS PDQCON LEVEL 1 WHICH MEANS THAT IT IS THE 1ST
LEVEL OF IMBEDDED SUBROUTINE CALLS AFTER A CLINK IS
DONE. TO CONTROL RETURNS FROM CLINKS IN THIS LEVEL,
SET PDQCON(1).

60

WARNING: LOCATION 9999 IN THIS GO TO IS LINKED TO
CLEANUP190. ANY CHANGE TO ITS LOCATION IN

65

THIS LIST MUST BE REFLECTED IN THE VARIABLE
CLEANUP190

5

GO TO
(1000,2000,3000,4000,5000,6000,9999,7000,8000,8500,
10 & 9000),PDOCON(1)

15

FIRST FRESH CALL TO CX190 - SAVE IMODE(146) PERIOD
BETWEEN FILINGS AND SET TO 0. THIS MUST BE DONE AT
THIS LEVEL BECAUSE THIS MODAL MUST BE TURNED OFF
BEFORE ANY CALL TO ANVIL.

20

SET RELATIVE RGAGE POINTERS

25

INITIALIZE THE IUSER ARRAY IF THIS IS THE FIRST TIME
USER HAS RUN THIS PART THROUGH THE CIG SYSTEM

30

IF (IUSER(1).LT.0) THEN
FIRST TIME THROUGH
DO 400 I=1,128

35

400 CONTINUE

40

END IF

INITIALIZE DEFAULT FILE NAME SPECIFICATION
SO THAT OPNPRTFIL WILL USE CURRENT PARTS NAME AS FILE
NAME

45

DETERMINE WHERE ALPHAOUT IS GOING AND SET ALPHAOUT
ACCORDINGLY

50

SET ALPHA OUTPUT TERMINAL TYPE

55

SET ALPHA OUTPUT TERMINAL TYPE
CALL LDBIT(IMODE(14),ALPHADEV,5,0)

60

SET WHERE ALPHA INPUT IS COMING FROM
CALL LDBIT(IMODE(14),ALPHAFROM,10,9)

65

DETERMINE WHERE ALPHA OUTPUT IS GOING AND WHERE ALPHA
INPUT IS COMING FROM

5

IF(FMCDV.EQ.0) THEN

IF(ALPHAFROM.EQ.0) THEN

10

ALPHA INPUT IS COMING FROM GRAPHICS
DEVICE

DETERMINE GRAPHICS DEVICE TYPE

15

IF(IMODE(57).EQ.0) THEN

TEKTRONIX 40xx TERMINAL BEING USED

20

ELSE IF (IMODE(57).EQ.15) THEN

TEKTRONIX 41xx TERMINAL BEING USED

25

END IF

ELSE

30

ALPHA IS COMING FROM ALPHA DEVICE
USE VT100 KEYBOARD INPUT SET

35

END IF

DETERMINE ALPHA OUTPUT DEVICE

40

IF(ALPHADEV.EQ.0) THEN

45

ALPHA OUTPUT IS GOING TO GRAPHICS DEVICE
DETERMINE GRAPHICS DEVICE TYPE

IF(IMODE(57).EQ.0) THEN

50

TEKTRONIX 40xx TERMINAL BEING USED

ELSE IF (IMODE(57).EQ.15) THEN

55

TEKTRONIX 41xx TERMINAL BEING USED

END IF

60

ELSE IF(ALPHADEV.EQ.1) THEN

65

ALPHA IS GOING TO A VT100 ALPHA DEVICE

```
5          END IF

10      ELSE IF(FMCDV.EQ.1) THEN
          RETRO GRAPHICS TERMINAL USING VT100 FOR ALPHA
          INPUT AND OUTPUT

15      ELSE IF(FMCDV.EQ.2) THEN
          4014 WITH CAS. USING 4014 FOR ALPHA INPUT AND
          ALPHA TERMINAL FOR ALPHA OUTPUT

20      END IF

25      TURN OFF WRITES TO ALPHA TERMINAL

30      CALL ALPHAOFF

      ON FIRST NEW ENTRY,SAVE GOSW SETTINGS TO RETURN TO
      THIS CORELOAD (190) WHEN REQUIRED

35      SET UP MENUS TO SAVE THE CURRENT CURVE WEIGHT TABLE IN
      UTF

40      CALL MENWTSAB(NBCHARS,CURWTS)

45      SAVE WEIGHT TABLE

50      CALL CLINK(2)

      1000 CONTINUE

55      SET UP MENUS TO RESTORE PREDEFINED WEIGHT TABLE FOR
      LATER USE

60      CALL MENWTRET(NBCHARS,CIGWTS)
```

65

RESTORE THIS TABLE

5 CALL CLINK(2)

10 2000 CONTINUE

SAVE CURRENT PART DEFAULT CURVE WEIGHT

15 SAVE CURRENT PART DEFAULT CURVE FONT

20 SAVE CURRENT PRESENTATION MODE MODAL

SAVE CURRENT PART DEFAULT CURVE COLOR

25 SAVE CURRENT PART SELECTION MODE

30 SAVE CURRENT PART SURFACE PATH DISPLAY MODALS

SAVE TEXT ORIGIN MODAL AND TEXT JUSTIFICATION

35 SAVE IMPLICIT POINT MODE

40 SAVE DEPTH ENTRY MODAL

SAVE CURRENT VALUE OF DEFAULT LEVEL

45 SET PRESENTATION MODAL TO INDICATE GEOMETRY IN ALL
VIEWS, DRAFTING IN WORK VIEW ONLY

50 SAVE CURRENT IMODE 180 WHICH CONTROLS DRAFTING EXTENT,
TRIM CURVE MODE,BLANK AND UNBLANK,FILLET MODE,ROTATION
MODE,MIRROR MODE

55 SET IMODE 180 TO DEFAULT =0 WHICH IMPLIES

60 DRAFTING=ONE ENT ONE CHANGE,

65

```

5  TRIM CURVE=VISUAL IN WORK VIEW
   BLANK/UNBLANK=TEMPORARY
   FILLET = VISUAL IN WORK VIEW
   ROTATION = 2D WORK VIEW
   MIRROR MODE = EXISTING LINE OR PLANE

10 SET SELECTION MODAL TO ALLOW FOR POINTER SELECTION

   SET IMPLICIT POINT MODE TO DEFINE AS DISPLAYED

15 CALL MVBITS (2,0,2,IMODE(146),0) !SET BIT POSITION
                                       !0 AND 1 TO 10
                                       !DISPLAY WHERE DEFINED
20 SET THE DEPTH ENTRY MODAL TO DATA ENTRY MODE

   ALLOW FOR SPECIAL JUMPS VIA A CTRL SPACE

25

   SAVE ACTIVE DCS POINTER SO THAT THE USER DCS CAN BE
   REACTIVATED ON EXIT

30

   DO WHILE REJECT OR OP COMPLETE NOT HIT

35 DO WHILE(.NOT.(TERMINATE))
      REENTER CX190 HERE ON RETURN FROM CX191,CX192
      AND CX193

40

   3000 CONTINUE
      CALL PDQINIT(1)

45

   DISPLAY TOP LEVEL CIG MENUS AND FIND OUT WHAT USER
   WANTS TO DO

50

   TURN ON ALPHA TERMINAL

   CALL ALPHAON

55

   CALL CIGMENUS(MENUNUM,INTVAL)

60

   TURN OFF ALPHA TERMINAL

65

```

```
CALL ALPHAOFF

5  MENU PICKED IS IN GOSW(4)

  IF (MENUPIKED.EQ.2) THEN
10      USER WANTS TO RUN GAGE/ZONE CONSTRUCTION

    4000 CONTINUE

15      CALL CX191

    ELSE IF (MENUPIKED.EQ.3) THEN
20      USER WANTS TO RUN INSPECTION PATH GENERATION

    5000 CONTINUE

25      CALL CX192

    ELSE IF (MENUPIKED.EQ.4) THEN
30      USER WANTS TO RUN MEASURED DATA COMPARISON

    6000 CONTINUE
35      CALL CX193

    ELSE IF (MENUPIKED.EQ.98 .OR. MENUPIKED.EQ.99) THEN
45      END IF

50      END DO

    9999 CONTINUE

55      TURN OFF ALPHA TERMINAL

60      CALL ALPHAOFF

65
```

USER WANTS TO TERMINATE CIG MODULE.
RETURN ANVIL DEFAULTS TO THEIR ORIGINAL VALUES
AND RETURN USER TO APPROPRIATE ANVIL MENU

5

RESET ALL MODALS WE HAVE TOUCHED

10

RESTORE OLD WEIGHT TABLE

15

CALL MENWTRET(NBCHARS,CURWTS)

RESTORE THIS TABLE

20

CALL CLINK(2)

25

7000 CONTINUE

MAKE SURE THE USERS DCS IS ACTIVE BEFORE WE LEAVE

30

IF (ACTDCSPTR.NE.0) THEN
 CALL MENACTPTR(ACTDCSPTR)
 CALL GRAPHON
35 CALL CLINK(2)
ELSE
 CALL MENRTWRVU
 CALL CLINK(2)
40 END IF

8000 CONTINUE

45

RESET OLD MODALS

50

RESET DEFAULT LEVEL

CALL MENDEF(LEVELSAVE)

55

CALL CLINK(2)

60

8500 CONTINUE

65

BLANK ALL GAGES IN CASE THEY CURRENTLY ARE NOT BLANKED

5 CALL MENBLKLVL(LVL1,LVL2)

CALL CLINK(2)

10

9000 CONTINUE

15

CALL GRAPHOFF

RESET REMAINING FLAGS WE USED

20

!IF NORMAL ANVIL JUMP KEY HIT (CF,CP...)
!THEN GOSW3SAV WAS SET IN GRU3A BEFORE
COMING HERE

25

INITIALIZE PDQCON FOR NEXT ENTRY INTO CIG MODULES

CALL PDQINIT(1)

30

TURN ALPHA TERMINAL BACK ON

35

CALL ALPHAON

40

TURN GRAPHICS BACK ON

CALL GRAPHON

45

CLEAR ANY LEFT OVER ALPHA TEXT FROM DISPLAY

50

CALL CLRALPHA

SEE YOU LATER

55

10500 CONTINUE

60

IMODE(180) HAS TEMPORARY/PERM BLANK UNBLANK IMBEDDED

65

IN IT. IT MUST BE RESTORED AFTER THE BLANK LEVELS 801
TO 899 TO AVOID POSSIBLE ERROR CONDITION

5

THIS FLAG IS SET AS THE VERY LAST THING BEFORE
RETURNING TO ANVIL FROM CIG
IF ANY MENXXXXXX CALL TO ANVIL IS EXECUTED WITH
PERIODIC FILING ON, THEN ERRORS ARE LIKELY TO OCCUR.

10

CALL CLINK(2)

15

END

20

SUBROUTINE CX191

25

PURPOSE: TO CHECK THE GEOMETRIC TOLERANCE CALLOUTS
FOR SYNTACTIC CORRECTNESS TO SEE IF THEY
CONFORM TO ANSI Y14.5 AND TO
GENERATE THE GAGES AND ZONES THEY DESCRIBE

30

MODIFIED: ADDED GAGEHOLE TO PICKS CALL
ADDED GAGEHOLE TO GAGES CALL
ADDED MENU SELECTIONS FOR DISPLAY DATUM AND
DEFINE BLOCK TOLERANCES

35

ARGUMENTS: NONE

40

OUTPUT: RGAGE ARRAY CONTAINING ALL THE INFORMATION
NECESSARY TO GENERATE THE GAGES.
ALSO, OUTPUTS ERROR MESSAGES FOR INCORRECT
DESIGN.

45

SUBROUTINES CALLED:

ANVIL VERSION 1.5 - CLINK,REPNT,GRU3B,IG06

50

USER WRITTEN:

55

RESLVDAT - RESOLVES DATUM LETTERS STORED
IN RGAGE

CIGMENUS - DISPLAYS MENU CHOICES

PICKS - INPUTS THE USER ENTITY PICKS

MODIFY - MODIFIES DATUMS & RGAGE
(GAGES)

60

RESLVDAT - RESOLVES THE EXISTENCE OF ALL
DATUMS BEFORE GAGE OR ZONE

65

```

5          GAGES      - CONSTRUCTION
                     - GENERATES ALL GAGES IDGAGE
                     - FROM 10 TO 71
          ZONESP      - GENERATES SP ZONE IDGAGE FROM
                     - 110 TO 113
          DISPLAY     - DISPLAYS GAGES/ZONES

10
LOCAL VARIABLES:
          TYPE         NAME(DIM)       DESCRIPTION

15          INTEGER    IUDAT                !POINTER IGAGE FOR DATUM
                                         !FEATURE
                                         !OF SIZE. THIS DETERMINED IN
20          !NOTE THIS IS STORED IN COMMON

          RETURN TO STATEMENT AFTER THE LAST CALL TO CLINK(2)

25          DEFINE TYPE TO BE .GAG FOR FILE TERMINATOR

30          GO TO (19000,19100,19200,19700,10710,19800,19900,19910,
                & 20010,20100,20110,20120,20130,20140),
                PDQCON(2)

35          INITIALIZE DATA.  ALL THESE VARBS. ARE IN CX191COM.FOR

          THESE ARE SET IN CX190 NOW, AND ARE PART OF PDQCOM
40          ITPREL  = 27
          ISPREL   = 27
          ISTORUS  = 257
          IARCREL  = 10
45          IDIMREL = 10

          DETERMINE IF GAGES HAVE BEEN PREVIOUSLY CREATED FOR
50          THIS PART AND IF SO, RETRIEVE THE IGAGE/RGAGE DATA
          FROM FILE

          IF(IUSER(2).NE.1 .AND. IUSER(1).EQ.1) THEN

55          IGAGE AND RGAGE DATA HAS NOT BEEN RESTORED
          FROM FILE YET

          OPEN FILE GAGE FILE WHICH CONSISTS OF

60

65

```

```
partname.GAG OR CREATE FILE IF IT DOESN'T
EXIST
```

5

```
WRITE THIS MESSAGE TO SCREEN AT TOP LEFT
CALL FORWRITE(0,0,0)
```

10

```
DO WHILE BAD FILE NAMES ENTERED, OR USER HITS
REJECT IN FORCERESP
```

15

```
DO WHILE (STAT.LT.0)
    CALL OPNPRTFIL(IUNIT,TYPE,MODE,STAT)
```

20

```
    IF(STAT.LT.0) THEN
        COULDN'T OPEN GAGE FILE
        CALL FORWRITE(0,ERR_LINE,0)
        CALL FORCERESP(1,1) !REJECT WILL
        GO BACK TO MAIN CIG MENUS
```

25

```
    END IF
```

30

```
END DO
```

```
READ IN GAGE DATA IF IT SHOULD BE ON FILE
```

35

```
IF (IUSER(1).EQ.1) THEN
    CALL RESTGAGE(IUNIT,ERROR)
```

40

```
END IF
```

45

```
CLOSE GAGE FILE AFTER READING DATA
```

50

```
IF(ERROR) THEN
    CALL FORWRITE(0,0,0)
    CALL FORCERESP(1,1) !REJECT WILL GO BACK
                        TO MAIN CIG MENU
```

55

```
GO BACK TO MAIN MENUS
GO TO 9000
```

60

```
END IF
```

65

```

END IF

5      1000 CONTINUE

10     DETERMINE IGAGE STARTING LOCATION FOR NEXT GAGE/ZONE
      CREATED BASED ON THE TOTAL NUMBER OF GAGES/ZONES SO
      FAR CREATED

15     DETERMINE THE STARTING VALUE FOR IGAGE(IUSTART) WHICH
      POINTS TO SUBSCRIPT OF RGAGE TO START STORING STUFF

      IF(IUSTART .GT. 1) THEN

20         IF IGAGE(IUSTART-1) IS TP,SP,COMBO,ARCS, OR
      DIMENSIONING THEN HAVE TO COMPUTE THE NUMBER
      OF ENTITIES DIFFERENTLY. THE PROCEDURE HERE
      MUST BE UPDATED WITH CHANGES IN FUNCTIONAL
      SPECIFICATIONS.

25         IF(IDGAGE .EQ. 140 .OR. (IDGAGE .GE. 10 .AND.
      IDGAGE .LE. 81)) & THEN

30             HAVE A TP (OR COMBO) CALLOUT IN IGAGE
      (IUSTART - 1)

      ELSE IF(IDGAGE .GE. 110 .AND. IDGAGE .LE. 113)
      THEN

35         HAVE A SP CALLOUT IN IGAGE(IUSTART - 1)
      IF(ZONETYPE.EQ.1) THEN

40             THIS IS A BILATERAL PROFILE
      TOLERANCE ZONE SO WE STORE NOMINAL
      AND INNER AND OUTER ZONE PTRS

45         ELSE

      THIS IS A UNILATERAL PROFILE
      TOLERANCE ZONE SO WE STORE NOMINAL
      AND INNER OR OUTER ZONE PTRS

50         END IF

      ELSE IF(IDGAGE .EQ. 120) THEN

55         HAVE A +/- DIMENSION

      ELSE IF(IDGAGE .EQ. 130) THEN

60         HAVE A +/- HOLE POSITION

65

```

```

                                END IF

5      END IF

                                WHILE THE USER HAS NOT SPECIFIED [OR].....DO
10
                                DO WHILE (.NOT. TERMINATE)

15      11000 CONTINUE
                                FIRST ERASE ANY MESSAGES ON THE ALPHA SCREEN
                                CALL CLRALPHA
20

                                RETURN THROUGH HERE IF USER HITS R,CR or Z

25      19000 CONTINUE

30      REQUEST MENU CHOICES 1-2

                                CALL CIGMENUS(12, IDUM)

35      CALL PDQNIT(2)                                !INITIALIZE PDQCON
                                                        FROM 2 ON...

40

                                IF (MCHOICE.EQ.98 .OR. MCHOICE.EQ.99) THEN
                                REJECT OR OP COMPLETE HIT
45      ELSE
                                DON'T TERMINATE YET

50      END IF

                                1400 CONTINUE
55

                                IF(.NOT.TERMINATE .AND.
                                & MCHOICE .GE. 0 .AND. MCHOICE .LE. 8) THEN
60      IF(MCHOICE .EQ. 1) THEN

65

```

DEFINE DATUMS

5 19100 CONTINUE

 CALL DDPICKS(ERROR)
 ELSE IF(MCHOICE .EQ. 2) THEN
10 DEFINE TP, SP, PT, CX, SP

15 19200 CONTINUE

 CALL TPPICKS(GAGEHOLES, ERROR)
 ELSE IF(MCHOICE .EQ. 3) THEN
 CREATE PLUS MINUS ZONE
20 CALL PDQINIT(2)

25 19700 CONTINUE

 CALL PMPICKS(ERROR)
 ELSE IF(MCHOICE .EQ. 4) THEN
 DISPLAY A GAGE
30 CALL PDQINIT(2)

35 19710 CONTINUE

 CALL DISPLAY
 ELSE IF (MCHOICE.EQ.5) THEN
 DELETE A GAGE
40 CALL PDQINIT(2)

45 19800 CONTINUE

 CALL DELGAGES
 ELSE IF(MCHOICE .EQ. 6) THEN
 DISPLAY DATUMS
50 CALL PDQINIT(2)

55 19900 CONTINUE

 CALL DISPDAT :DISPLAY DATUM DEFINITIONS
 ELSE IF (MCHOICE.EQ.7) THEN
 DEFINE BLOCK TOLERANCES
60 CALL PDQINIT(2)

65

19910 CONTINUE

```

      CALL DEFINBLK
5      END IF
      CALL PDQINIT(2) !INITIALIZE PDQCON FOR LATER
      USE
10     ELSE IF (MCHOICE.EQ.98 .OR. MCHOICE.EQ.99)
      THEN
          REJECT OR OP COMPLETE HIT, SO RETURN TO
          MAIN CIG CORELOAD NAMELY CX190
15     ELSE
          NOT A VALID CHOICE
20
      END IF

25  IF(.NOT. TERMINATE .AND. .NOT. ERROR .AND. VALID .AND.
    & (MCHOICE .EQ. 2 .OR. MCHOICE.EQ.3)) THEN
      THE ANVIL DATABASE HAS BEEN PROCESSED AND
      STORED INTO RGAGE.  THE RGAGE(IGAGE(IU))
30     ARRAY  CONTAINS  THE DATA NECESSARY TO
      GENERATE A GAGE.  ALL TEST HAS PASSED
      PARSING TESTS.

35     IF A COMPOSITE GAGE, I.E., MULTIPLE TP'S
      OR CZ'S OR PT'S (MAX OF 3), THEN DISPLAY
      THE GAGES IN THE ORDER THEY WERE PICKED.
      IU = INDEX FOR THE GAGE WHICH WILL BE
40     DEFINED NEXT AT THIS POINT IN THE CODE
      WE HAVE (IU - 1) GAGES DEFINED.
      IUGAGE = INDEX OF THE NEXT GAGE TO BE
      DISPLAYED.

45     SET RGAGESTRT FOR LATER USE IN NM03
      DISPLAY THE GAGES/ZONES
      DO WHILE (IUGAGE .LT. IUMAX)

50         NOW RGAGE FOR CURRENT GAGE IS
          COMPLETELY FILLED, DETERMINE THE
          GAGE TYPE AND THEN CONSTRUCT GAGE.

55     CALL GDTTYPE(ERROR)
      IF(.NOT. ERROR) THEN
          IF (IDGAGE.EQ.80) GO TO 20010
          GO TO (20010, 20010, 20010, 20010,
60         20010, & 20010, 20010, 20080, 20090,
          20100, 20110, & 20120, 20130, 20140),

```

65

IDGAGE/10

CALL PDQINIT(2) !INITIALIZE FROM2 ON

5

20010 CONTINUE

10

CONSTRUCT THE GAGE SPECIFIED BY
IDGAGECALL GAGES (GAGEHOLES)
GO TO 30000

15

20080 CONTINUE

DUMMY GAGE

20

20090 CONTINUE

DUMMY GAGE

25

20100 CONTINUE

CONSTRUCT A LINE PROFILE

30

CALL ZONESP
GO TO 30000

35

20110 CONTINUE

CONSTRUCT A SURFACE PROFILE (SAME
AS LINE PROFILE FOR NOW)

40

CALL ZONESP
GO TO 30000

45

20120 CONTINUE

CONSTRUCT A +/- ZONE FOR ENTITY

CALL ZONEPLMI
GO TO 30000

50

20130 CONTINUE

CONSTRUCT A +/- ZONE FOR HOLE
POSITION

55

CALL ZONEDUMY(IDGAGE)
GO TO 30000

60

20140 CONTINUE

65

CONSTRUCT A COMBINATION GAGE
CALL ZONEDUMY(IDGAGE)

5

30000 CONTINUE

10

END OF COMPUTED GO TO ON GAGE TYPE
SET PDQCON SO THAT OTHER ANVIL CALLS ARE
HANDLED LOCALLY.

END IF
CALL PDQINIT(2)

15

END DO

20

END IF
END DO

25

9000 CONTINUE

30

TERMINATE CX191 EXECUTION AND RETURN TO CX190

SET IGAGE TO BE CONSISTANT WITH NUMBER OF GAGES
ACTUALLY-CREATED (IUSER(3))

35

RESET IUSER(1) AND IUSER(2) IF NO GAGES/ZONES HAVE
BEEN CREATED

40

IF(IUSER(3).LE.0) THEN
NO GAGES/ZONES EXIST FOR THIS PART YET

45

END IF

50

GO TO CIG MAIN MENUS CX190

INITIALIZE PDQCON FROM (2) TO (7)

55

CALL PDQINIT(2)

60

SET PDQCON(1)=3 SO THAT WE REENTER
CX190 AT THE MAIN MENU REQUEST

65

CALL CLINK(PDQMOD)

5 END

10 SUBROUTINE CX192

PURPOSE: MAIN DRIVER FOR NC PATH GENERATION

15 TO GENERATE A NC PATH THAT CONTAINS POINTS ON EACH
ENTITY OF A PART THAT IS TO BE CHECKED FOR TOLERANCES

20 MODIFIED: REARRANGED THIS DRIVER TO ALSO ALLOW FOR
5 AXIS POINT TO POINT PATH GENERATION

25 ARGUMENTS:

<u>TYPE</u>	<u>ARGUMENT</u>	<u>I/O</u>	<u>DIM</u>	<u>DESCRIPTION</u>
-------------	-----------------	------------	------------	--------------------

30 SUBROUTINES CALLED:

ANVIL VERSION 1.5 - CLINK
USER WRITTEN SUBROUTINES - INSPCNTRL,DISPPATH,
35 MODIFPATH,PDQINIT

LOCAL VARIABLES:

<u>TYPE</u>	<u>NAME</u>	<u>DIM</u>	<u>DESCRIPTION</u>
-------------	-------------	------------	--------------------

45 THIS IS PDQCON LEVEL 2 WHICH MEANS THAT IT IS THE 2ND
LEVEL OF IMBEDDED SUBROUTINE CALLS AFTER A CLINK IS
DONE. TO CONTROL RETURNS FROM CLINKS IN THIS LEVEL,
SET PDQCON(2).

50 GO TO (1000,2000,3000,4000,5000,6000,7000),PDQCON(2)

55 DATA INITIALIZATION

SET DEFAULT LEVEL FOR PATHS AND POINTS CREATED

60 DO WHILE (.NOT.TERMINATE)

65

1000 CONTINUE

```

5      ASK USER TO PICK INSPECTION MENU
      CALL CIGMENUS(13, IDUM)
      CALL PDQINIT(2)

10     IF(MCHOICE.EQ.98 .OR. MCHOICE.EQ.99) THEN
          REJECT OR OP COMPLETE HIT
          DO NOT ALLOW AN EXIT UNLESS PATH FILED
15         OR DELETED. ALSO DELETE HOME PT IF ONE
          CREATED.

      CHECK TO SEE IF A HOME POINT HAS BEEN CREATED

20     IF(HOMEXIST) THEN
          HOME POINT EXISTS. CHECK TO SEE IF A PATH
          HAS BEEN CREATED.
25         IF(PHEXIST) THEN
              SINCE A PATH EXISTS, THE USER HAS NOT
              FILED THE PATH. THEREFORE, FIND OUT IF
30              WISHES TO FILE OR DELETE THE PATH OR
              RETURN TO THE MENUS

```

35 2000 CONTINUE

```

      CALL CIGMENUS(16, IDUM)
      CALL PDQINIT(2)

40     IF(IANS .EQ. 1) THEN
          USER WISHES TO FILE THE PART
          CALL FILEPATH
      ELSE IF(IANS .EQ. 2) THEN
45         USER WISHES TO DELETE THE PATH
          CALL DELEPATH
      ELSE IF(IANS .EQ. 3) THEN
50         RETURN TO MENUS FOR CREAT/MODIF/
          DISP/FILE
      ELSE IF(IANS .EQ. 98 .OR. IANS .EQ. 99)
55         THEN
          REJECT OR OP/COMP. SEND WARNING
          THAT MUST ANSWER WITH 1,2, OR 3.
          CALL FORWRITE(0, 0, 0)
60         CALL FORCERESP(2, 2)
      END IF

```

65

```

ELSE
    NO PATH EXISTS, BUT HOME PT DOES.
    DELETE THE HOME POINT BEFORE EXITING
    CALL MENDELPTR(1, HOMEPTR)
    CALL CLINK(2)

3000 CONTINUE
    END IF
ELSE
    HOME PT DOES NOT EXIST
    END IF
ELSE IF (MCHOICE.EQ.1) THEN
    USER WANTS TO CREATE INSPECTION PATH
    CALL MENDEF(PATHLEV)
    CALL CLINK(2)

4000 CONTINUE
NOTE: DOUBLE USER OF S.N. 4000 FOR CLINK & INSPCNTRL

GO TO THE DRIVER FOR PATH GENERATION

CALL INSPCNTRL
CALL PDQINIT(2)           !INITIALIZE FROM 2 ON

ELSE IF (MCHOICE.EQ.2) THEN
    USER WANTS TO MODIFY INSPECTION PATH FOR A GIVEN
    LEVEL OR POSSIBLY JOIN PATHS ON DIFFERENT LEVELS

5000 CONTINUE
    CALL MODIFPATH
    CALL PDQINIT(2)           !INITIALIZE FROM 2 ON

ELSE IF (MCHOICE.EQ.3) THEN
    USER WANTS TO DISPLAY PATHS AGAIN

6000 CONTINUE
    CALL DISPPATH

```

```

CALL PDQINIT(2)                !INITIALIZE FROM 2 ON

5  ELSE IF(MCHOICE .EQ. 4) THEN
    USER WISHES TO FILE THE PATH CREATED

10 7000 CONTINUE
    CALL FILEPATH
    CALL PDQINIT(2)
15  END IF
    END DO
    GO TO CIG MAIN MENUS CX190
20  INITIALIZE PDQCON
    CALL PDQINIT(2)
25  SET PDQCON(1) SO WE ASK FOR MAIN CIG MENUS IN CX190

    CALL CLINK(PDQMOD)

30  END

35  SUBROUTINE CX193

    PURPOSE:
    MAIN CORELOAD TO COMPARE MEASURED DATA AGAINST GAGES
40  OR ZONES

    ARGUMENTS:
45  TYPE      NAME(DIM)      I/D      DESCRIPTION

    SUBROUTINES CALLED:
50  ANVIL VERSION 1.5 -
    USER WRITTEN -

55  LOCAL VARIABLES:
    TYPE      NAME(DIM)      DESCRIPTION

60  THIS IS PDQCON LEVEL 2 WHICH MEANS THAT IT IS THE

65

```

```

SECOND LEVEL OF IMBEDDED SUBROUTINE CALLS AFTER A
CLINK IS DONE. TO CONTROL RETURNS FROM CLINKS IN THIS
LEVEL, SET PDQCON(2).
5
GO TO (1000,2000,3000,4000,5000),PDQCON(2)
ASK USER TO PICK INSPECTION MENU
10 DO WHILE(.NOT TERMINATE)

1000 CONTINUE
15     CLEAR ALPHA SCREEN
        CALL CLRALPHA
        CALL CIGMENUS(14,IDUM)
20
        CALL PDQINIT(2)

25     IF(MCHOICE.EQ.98 .OR. MCHOICE.EQ.99) THEN
            REJECT OR OP COMPLETE HIT

30     ELSE IF (MCHOICE.EQ.1) THEN
            USER WANTS TO RETRIEVE NEW MEASURED DATA FROM
            MACHINE
35

2000 CONTINUE
        CALL READMEAS
40        CALL PDQINIT(2)           !INITIALIZE FROM 2 ON

        ELSE IF (MCHOICE.EQ.2) THEN
45        USER WANTS TO RETRIEVE OLD MEASURED DATA FROM
            FILE

50
3000 CONTINUE
        CALL READMEAS
55        CALL PDQINIT(2)           !INITIALIZE FROM 2 ON

        ELSE IF (MCHOICE.EQ.3) THEN
60        USER WANTS TO ANALYZE RETRIEVED MEASURED DATA

65

```

```

4000 CONTINUE
      CALL PROCMEAS
5      CALL PDQINIT(2)          !INITIALIZE FROM 2 ON

      ELSE IF (MCHOICE.EQ.4) THEN
10      USER WANTS TO DELETE ALL MEASURED DATA

      5000 CONTINUE
      CALL DELMDATA
      END IF
20  END DO
      SET UP PDQCON(2) TO RETURN TO THIS ROUTINE ON CLINKS

25  9999 CONTINUE

      ERROR REQUESTED TO SKIP OVER REST OF ROUTINE
30

      GO TO CIG MAIN MENUS CX190

35  INITIALIZE PDQCON

40  CALL PDQINIT(2)

      SET PDQCON(1) SO WE ASK FOR MAIN CIG MENUS IN CX190
45

      CALL CLINK(PDQMOD)

50  END

```

55 Unter Bezug auf das Datenflussdiagramm der Fig. 10 sollen nun die Systemteile gezeigt werden, innerhalb deren die CIGMA-Module ausgeführt werden. Der Benutzer bzw. die Bedienungsperson kommuniziert mit dem CIGMA-System über eine oder mehrere Eingabe/Ausgabe-Einrichtungen (E/A-Einrichtungen), wie sie als Benutzer-E/A-Einrichtung 30 in Fig. 10 dargestellt sind. Dabei kann es sich um ein interaktives Graphikterminal handeln, mit dem dreidimensionale Drahtnetzbilder sowie auch alphanumerischer Text dargestellt, manipuliert und identifiziert werden können. Die Treiber für die E/A-

60 Einrichtungen und die zugehörigen Software-Routinen werden von dem bei 31 gezeigten CAD-Datenbasengenerator bereitgestellt. Ein CIGMA-E/A-Prozessor (in Fig. 10 bei 32 gezeigt) stellt ein weiteres Glied in der Wechselwirkung zwischen einem Benutzer und dem CIGMA-System dar, ebenso wie dies für den CAD-Datenbasengenerator 31 der Fig. 10 zutrifft. Beispielhaft für diese Interaktion sind die Auswahl verschiedener CIGMA-Module, die Zahleneingabe über eine Tastatur oder durch Geometrie-

65

wahl, wie sie als Eingabe für das Erzeugen einer Prüflöhe erforderlich ist, über den E/A-Prozessor. Die Fähigkeiten des CAD-Datenbasengenerators werden tatsächlich zum Erzeugen der Prüflöhrengaphik eingesetzt; der CIGMA-E/A-Prozessor kreiert jedoch die Befehle, mit denen die jeweils geeigneten CIGMA-Routinen aktiviert und Daten aus der Datenbasis abgerufen werden. Eine Schnittstellen-Spezifikation wird dem CAD-Verkäufer überlassen, der damit Unterprogramme schreibt, mit denen der CAD-Datenbasengenerator unmittelbar an das CIGMA-System angeschlossen werden kann. Die sich aus diesen Schnittstellen-Spezifikationen ergebenden Routinen stellen das Mittel dar, mit dem das CIGMA-System Daten vom Benutzer übernimmt und Informationen an den Benutzer zurückliefert.

Innerhalb des CIGMA-Systems erfolgt der Informations- und Datenaustausch nach einem der folgenden Verfahren, wie sie in Fig. 10 dargestellt sind:

1. Die Kommunikation zwischen den Modulen erfolgt über die CIGMA-Hauptdatenbasis 33.
2. Prüf-, Analyse- und Statistikresultate werden aus E/A-Dateien 34 gelesen bzw. in sie geschrieben.
3. Positionsdaten werden von verschiedenen elektromechanischen Prüfeinrichtungen wie Koordinatenmessmaschinen, Sichtsystemen, NC-Werkzeugmaschinen und Laser-Entfernungsmesseinrichtungen gelesen (bzw. an solche gesandt), die in Fig. 10 mit 35 symbolisiert sind.

Der CAD-Datenbasisgenerator 31 der Fig. 10 ist wesentlich für zahlreiche CIGMA-Systemfunktionen, die eine 3D-CAD-Geometrie als Eingabedaten liefern. Weiterhin erzeugen zahlreiche CIGMA-Funktionen 3D-CAD-Geometrie zur Ausgabe und Sichtdarstellung. Das CIGMA-System wurde so entworfen, dass ein CAD-Datenbasengenerator (d.h. Anvil-4000, Unigraphics, CADAM) unmittelbar in ihm arbeiten kann. Der CAD-Datenbasengenerator erlaubt dem Benutzer, 3D-Grundgeometrie zu erzeugen, und dem CIGMA-System, die eingebauten CAD-Funktionen zum Erzeugen und Darstellen von CAD-Geometrie zu nutzen. Durch das CAD-System führt CIGMA die E/A-Grundfunktionen der Ansteuerung der Sichteinheit, der Menüdarstellung und der Dateneingänge aus. Da CIGMA betrieblich zahlreiche der Fähigkeiten des CAD-Systems ausnutzt, erkennen mit CIGMA arbeitende Benutzer unter Umständen, ob sie Verkäufer-Software oder CIGMA-Software anwenden.

Es soll nun jedes der oben beschriebenen fünf CIGMA-Module ausführlicher beschrieben werden. Das Datenflussdiagramm der Fig. 10 zeigt die fünf Module wie folgt: das Prüflöhrenmodul 36, das Prüfmodul 37, das Analysemodul 38, das Jobsteuermodul 39 und das Toleranzmodul 40. Für jedes Modul sollen im folgenden (1) die Moduleingabe, (2) seine Arbeitsweise und Aufgabe sowie die angewandten Algorithmen sowie (3) die Modulausgabe erläutert werden.

Eine Beschreibung des Prüflöhrenmoduls 36 der Fig. 10 beginnt mit den Eingabegrößen. Hierbei handelt es sich um die in Fig. 11 gezeigten Symbole für technische Zeichnungen (die Tabelle ist dem «American Standard for Dimensioning and Tolerancing» ANSI Y14.5M entnommen), die mit einer Übermass-Untermass-Angabe zusammen verwendet werden. Die Übermass-Untermass-Toleranzangabe gilt für sämtliche Abmessungen ausserhalb des Systems der ANSI-Norm Y14.5M. Die 3D-Geometrie stammt aus dem in das CIGMA-System integrierten CAD-Datenbasengenerator 31.

Neben den 3D-Geometrieeinformationen aus dem CAD-Datenbasengenerator 31 fordert das Prüflöhrenmodul 36 aus der Datenbasis auch Zeichnungsinformationen an, um Toleranzen festzulegen. Die CIGMA-Software fragt diese Informationen in einer festgelegten Reihenfolge ab, die in einem dem Benutzer angebotenen Menü dargestellt ist. Das Menü fordert den Benutzer zunächst auf, die Bezugsorte auf der 3D-Geometriedarstellung des zu dimensionierenden Werkstücks anzugeben. Hierzu wird dem Bezugsort (Ebene, Loch usw.) ein Symbol zugeordnet und dann dem Programm das Bezugsmerkmal bezeichnet, d.h. die Kanten und der Ort einer Bezugsebene mitgeteilt. CIGMA versteht die Zeichnungs-symbole nach ANSI Y14.5M. Daher werden die Bezugsorte weiter definiert durch die vier Formeigenschaften (Gradheit, Flachheit, Zirkularität bzw. Rundheit und Zylindrizität), wie sie in Fig. 11 angegeben sind. Die Toleranzen der den Bezugsorten zugewiesenen Formeigenschaften dürfen nie grösser als etwa 10% der zulässigen Massabweichung der anderen Werkstückmerkmale sein, die sich auf diese Bezugsorte beziehen. Ist beispielsweise die Ortstoleranz für ein anderes Werkstückmerkmal 0,152 mm (0,006 in.), darf die Flachheitsabweichung einer gewählten Bezugsebene nicht mehr als 0,0152 mm (0,0006 in.) betragen.

Das CIGMA-System versteht den gesamten Zeichnungstext der Fig. 11, der den verschiedenen Teilmerkmalen zugeordnet sein kann. Gleichzeitig mit der Eingabe des Zeichnungstexts in das CIGMA-System erfolgen Syntaxprüfungen, für die weiter unten Beispiele angegeben werden.

Profil-, Ausrichtungs-, Orts- und Auslauftoleranzen werden allesamt relativ zu einem Bezugsort angegeben (Fig. 11). Bei der Angabe dieser Toleranzen muss ein bzw. müssen mehrere Bezugsorte im Merkmalskontrollsymbol angegeben sein. Als Beispiel eines Merkmalskontrollsymbols, wie es auf einer ein Werkstück darstellenden Zeichnung erscheint, ist wie folgt:

0 0 0,060 M A B C

Diese Angaben werden vom Benutzer dem CIGMA-System gegenüber als

TP CZ 0,060 M, A, B, C

mitgeteilt. In diesem Beispiel muss die Positionstoleranz von 0,060 bezüglich der drei Bezüge A, B, C betrachtet werden. Die mit diesen Merkmalskontrollsymbolen angegebenen Bezugsorte dienen zur Definition der funktionalen Anforderungen für das kontrollierte Merkmal; dies bedeutet, dass die Freiheitsgrade des kontrollierten Merkmals definiert werden. Beispiele für die Anwendung von Bezugsorten auf ein Werkstück mit bestimmten kontrollierten Merkmalen lassen sich am Werkstück 41 der Fig. 12 ersehen. Eine Anzahl von Bezügen ist in Fig. 12 auf dem Werkstück 41 mit A bis E gezeigt, wie auch einige Werkstückmerkmale. Das Werkstück 41 hat ein massives rechteckiges Unterteil mit ähnlichen Längen- und Breitenabmessungen und einer kleineren Höhenabmessung. Die Oberseite 42 des Unterteils ist als Bezugsort A bezeichnet. Das Werkstück 41 weist weiterhin vier gleiche Ansätze 43 auf, die von der Bezugsebene A aufwärts abstehen, sowie einen fünften Ansatz 44, der als Bezug E bezeichnet ist. Wie gezeigt, ist eine vertikale Seitenfläche des Unterteils als Bezugsfläche C gekennzeichnet, eine weitere Seitenfläche als Bezugsfläche B. Ein im Unterteil 42 mittig angeordnetes Loch 46 ist als Bezug D ausgewiesen.

Die Fig. 13A, B und C zeigen schaubildlich Prüflöhren, die das CIGMA-System zur Überprüfung verschiedener Merkmale des Bauteils bzw. Werkstücks 41 der Fig. 12 konstruieren kann. Diese Fig. 13A–C sind jeweils mit vier Spalten (a, b, c, d) und vier Reihen (e, f, g, h) angelegt. Wie ersichtlich, hat eine Prüflöhre gemäss Fig. 13A, a, e für die vier Ansätze 43 des Teils 41, wenn in den geometrischen Toleranzen nur mit dem Bezug A aufgebaut, vier Löcher 47 und die Abmessung hat drei verbleibende Freiheitsgrade in der X-Translationsrichtung (XTT), der Y-Translationsrichtung (YTT) und der Z-Rotationsrichtung (ZTR). Dabei werden durch diesen Bezug A die Ansätze in der X- oder Y-Translationsrichtung oder in der Z-Rotationsrichtung nicht festgelegt. An den übrigen Lehren der Fig. 13A, B, C sind die für die geometrischen Abmessungen des Bauteils 41 angewandten Bezüge angegeben und weisen die verbleibenden Freiheitsgrade als Ergebnis dieser geometrischen Dimensionierung aus. Die Bezugsangaben enthalten zuweilen auch modifizierende Symbole wie M (MMC-Zustand, maximal verbleibendes Material) und S (unabhängig von der Merkmalsgrösse), die sich auf die verbleibenden Freiheitsgrade auswirken, wie dies im folgenden beschrieben wird.

Das CIGMA-System bestimmt automatisch die funktionalen Anforderungen eines gegebenen Satzes von Merkmalen. Es stellt diese Funktionalität dann auf dem Bildschirm aus, indem es ein dreidimensionales Modell des Worst-Case-Paarungsteils erstellt (auch als «Funktionslehre» bezeichnet), von denen eine Anzahl in Fig. 13A, B, C gezeigt ist. Das CIGMA-System bestimmt die einem Satz von in einer bestimmten Reihenfolge angegebenen Bezügen und modifizierenden Symbolen zugrundeliegende Funktionalität, indem es folgende Regeln anwendet.

Die Fig. 13A zeigt Prüflöhren zum Prüfen unterschiedlicher Merkmale des Bauteils 41 der Fig. 12, wobei es sich bei dem Bezug für die Abmessungstoleranzen um eine Ebene handelt. Handelt es sich dabei um den Primärbezug, erzwingt das CIGMA-System drei Berührungspunkte zwischen diesem Bezug und dem Paarungsteil; handelt es sich um den Sekundärbezug, erzwingt das CIGMA-System zwei Berührungspunkte zwischen dem Bezug und dem Paarungsteil. Ist er der Tertiärbezug, erzwingt das CIGMA-System einen Berührungspunkt zwischen diesem Bezug und dem Paarungsteil. Der Primär-, Sekundär- und Tertiärbezug sind das erste, zweite bzw. dritte Symbol im Merkmalskontrollblock und erscheinen an dessen rechtem Ende, wie dies in Fig. 13A–C gezeigt ist.

Handelt es sich bei dem im Kontrollblock angegebenen Bezug um ein Merkmal wie eine Bohrung oder einen Ansatz, gelten die Prüflöhren der Fig. 13B, C. Ist als Materialzustand MMC oder M (maximales Material) angegeben, wie in Fig. 13B zu ersehen, erzwingt das CIGMA-System, wenn es sich bei dem Bezug um den Primärbezug handelt, die Achse des Paarungsteils in die Parallelität zur Achse des Bezugs in drei Dimensionen. Falls es sich um den Sekundärbezug handelt, legt das CIGMA-System das Merkmal des Paarungsteils in diesen Bezug, wenn es ein Loch ist, oder um ihn herum, wenn es ein Ansatz ist. Ist entsprechend der Bezug ein Tertiärbezug, legt das CIGMA-System das Merkmal des Paarungsteils in den Bezug, wenn er ein Loch ist, bzw. vollständig um ihn herum, wenn es der Ansatz ist.

Ist für den Materialzustand RFS bzw. S (Fig. 13C; «unabhängig von der Merkmalsgrösse» («regardless of feature size»)) angegeben, legt das CIGMA-System, wenn es sich um den Primärbezug handelt, die Achse des Paarteils parallel zur Achse dieses Bezugs in drei Dimensionen und verhindert eine Translation des Paarungsmerkmals innerhalb dieses Bezugs. Mit anderen Worten: Das Paarungsmerkmal wird durch einen verjüngten Stift auf einer axial verlaufenden Druckfeder simuliert, die das Paarungsmerkmal zwingt, Raum zwischen sich und dem Bezug einzunehmen. Dies ist in Fig. 13C dargestellt, wo ein verjüngter Stift 48 auf den Lehrendarstellungen für den Fall gezeigt ist, dass der Kontrollblock den Bezug D (mittiges Loch 46) des Teils 41 der Fig. 12 angibt. Zum Vergleich kann der Ansatz 49 der Lehren der Fig. 13B dienen, für den das MMC-Symbol M angegeben ist.

In der Fig. 13C ist RFS bzw. S angegeben. Falls es sich bei dem Bezug, für den der Materialzustand gilt, um den Sekundärbezug handelt, legt das CIGMA-System das Merkmal des Paarungsteils in den Bezug, wenn es ein Loch ist, oder vollständig um den Bezug herum, wenn er ein Ansatz ist. Wie im vorigen Fall für den Primärbezug erläutert, wird auf diese Weise das Paarungsmerkmal auf der Prüflöhre (Fig. 13C) an einer Translation in Bezug – hier D auf dem Bauteil 41 der Fig. 12 gehindert. Handelt es sich um den Tertiärbezug, legt das CIGMA-System analog das Paarungsmerkmal in den Bezug, wenn er ein Loch ist, bzw. vollständig um den Bezug herum, wenn er ein Ansatz ist. Wie beim Primär- und Sekundärbezug verhindert ein solcher einem Tertiärbezug zugewiesener Materialzustand, dass das Paarungs-

merkmal auf der Lehre (der verjüngte Stift 48 auf den Lehren der Fig. 13C) innerhalb des Bezugs (in diesem Fall D auf dem Teil 41 der Fig. 12) verschoben wird.

Sind in einem Merkmalskontrollblock Bezüge angegeben, können die soeben ausgeführten Regeln angewandt werden, um die genaue Funktionalität des Paarungsteils bezüglich der kontrollierten Merkmale zu bestimmen. Ist der Primärbezug eine Ebene und erscheint der Merkmalskontrollblock als «wahre Position, Durchmesser, 0,060 M A» (mit A als Ebene), dann bestimmt körperlich diese Ebene A die Ausrichtung (Orientierung) des Paarungsteils. Mit anderen Worten: das Paarungsteil muss die drei Hochpunkte der als Primärbezug angegebenen Ebene A berühren; die Paarungsfläche kann dann eine Translation und Rotation ausführen, bleibt aber zwangsweise koplanar mit der Bezugsfläche A. Ein Beispiel für ein solches Dimensionierungsergebnis ist in Fig. 13A, g, a zu ersehen, die ein Paarungsteil (in diesem Fall: eine Prüfling) für das Teil 41 darstellt, das in der XT- und der YT-Richtung sich verschieben und um ZTX drehen kann. Weiterhin ist zu ersehen, dass für die Angabe «wahre Position, Durchmesser, 0,060, Bezug A» (mit A als Ebene) das Paarungsteil bzw. die Lehre der Fig. 13, e, a gilt, die eine Translation des Paarungsteils relativ zum Teil 41 der Fig. 12 in der XT- und der YT-Richtung und eine Drehung um die ZT-Achse erlaubt. Mathematisch reduziert der Bezug A eine vollständig unkontrollierte Bewegung (Translation in drei Achsen in jeweils zwei Richtungen und Rotation um drei Achsen in jeweils zwei Richtungen) auf drei Freiheitsgrade, d.h. Translation in XT und YT und Rotation um ZT.

Handelt es sich bei dem Primärbezug um ein Loch oder einen Ansatz, werden die Symbole M oder S benutzt, wie oben beschrieben. Ist für den Primärbezug als Materialzustand MMCV oder M angegeben, kann der Merkmalskontrollblock wie folgt aussehen:

0 0 0,060 M D

In dem vorgehenden Beispiel kontrolliert das Loch 46 (als Bezug D in Fig. 12 angegeben), die Orientierung des dem Teil 41 zugehörigen Paarungsteils. Die Achse des Paarungsteils wird parallel zu der des Bezugslochs D gelegt, entsprechend der Stift 49 der Prüfling der Fig. 13B, e, a parallel zur Achse des Bezugslochs D. Sind der Bezug und das Paarungsteil (bzw. die Lehre) richtig orientiert, lässt man die Paarungsmerkmale innerhalb der Bezüge (falls es Löcher sind) bzw. um die Bezüge herum (wenn es Ansätze sind) sich verschieben und drehen. Geometrisch gesehen lässt man den Paarungsteil sich entlang der XT- und der YT-Achse verschieben und um die ZT-Achse drehen, wie dies beispielsweise in Fig. 13B, f, a zu sehen ist. Das Paarungsteil wird beim Vorliegen von Bezugsöffnungen (D) immer innerhalb dieser oder beim Vorliegen von Bezugsansätzen (E) immer um sie herum gehalten. Mathematisch gesehen reduziert der Bezug D die sechs Freiheitsgrade der vollständig unkontrollierten Bewegung auf drei. Weiterhin begrenzt ein Bezugsloch oder -ansatz die XT- und YT-Translation um die Abweichung zwischen dem Bezugsmerkmal und dem Paarungsteilmerkmal.

Ist der Materialzustand auf dem Primärbezug als RFS bzw. S angegeben, erscheint der Merkmalskontrollblock als «0 0 0,060 S D», wobei D ein Loch oder ein Ansatz ist. In den hier ausgeführten Beispielen ist der Bezug D ein Loch, wie in Fig. 12 gezeigt. Körperlich kontrolliert das Loch 46 die Orientierung des Paarungsteils, indem es die Parallelität von dessen Achse zu der des Bezugslochs (bzw. -ansatzes) erzwingt. Sind der Bezug und das Paarungsteil richtig orientiert, kann das Paarungsmerkmal nur noch um die vom Bezug bestimmte Achse drehen. Im Gegensatz zum oben beschriebenen Modifizierer MMC bzw. M ist keine Rotation erlaubt. Dies ist in Fig. 13C, e, a gezeigt, wo nun die Drehung um die ZT-Achse als erlaubt angegeben ist. Die Angabe RFS reduziert in diesem Fall die sechs Freiheitsgrade der unkontrollierten Bewegung mathematisch auf den einzigen Freiheitsgrad mit dem Zustand ZTR.

Das CIGMA-System prüft die Syntax der Abmessungsvorgaben nach der ANSI-Norm, wie dies oben erwähnt ist. Die Fig. 14 zeigt ein Werkstück 54 mit sieben Bohrungen 56. Wie die Fig. 14 zeigt, handelt es sich bei dem Bezug B um eine Lippe bzw. einen Ansatz auf dem Teil 54. Im Kästchen ist der Bezug B weder durch die MMC-Angabe M noch durch die RFS-Angabe S modifiziert. Dies ist ein Fehler, da ohne eine solche Vorgabe der Ansatz nicht vollständig spezifiziert und der Bezug daher nicht brauchbar ist. Das gleiche würde gelten, wenn B ein Bezugsloch wäre. Das Kästchen muss daher als

«0 00 M D B S F »

erscheinen. Das System erkennt den Fehler, gibt ihn auf dem Bildschirm aus und fordert den Benutzer, die Toleranzvorgabe in die vorerwähnte richtige Form zu bringen.

Die Fig. 15 zeigt die ANSI-Normvorgabe für zwei Gewindelöcher 57 im Teil 54, wobei die Toleranz der Lochdurchmesser für den MMC-Zustand angegeben ist. Diese Angabe ist zwar vom Gesichtspunkt der Toleranz-Angabennorm nicht völlig falsch. Die Löcher haben jedoch ein Innengewinde, und die Vorgabe M würde eine Messung der Spitzen- und Wurzeldurchmesser erfordern, was hinsichtlich der Messung selbst und der Anwendung sicherlich unpraktisch ist. Die erzeugte Prüfling erkennt die MMC-Vorgabe nicht an. Alles, was erforderlich ist, ist eine einwandfreie Positionierung des festen Befestigers, der in das Gewinde eingeschraubt wird. Das System gibt daher eine Warnung aus, dass die Prüfling RFS-toleriert erzeugt werden wird, und fordert den Benutzer auf, für die Lochdurchmessertoleranz S (statt M) anzugeben.

Die Prüflöhren der Fig. 13A–C werden auf dem Bildschirm mit einem XYZ-Koordinatensystem zusammen dargestellt und zeigen nur die kontrollierten Merkmale auf dem Bauteil, die zu prüfen sie mathematisch erstellt worden sind. Daher veranlasst die verhältnismässig einfache Vorgabe mit nur dem Bezug A für das Teil 41 der Fig. 12 das CIGMA-System, die verhältnismässig einfache Prüflöhre zu konstruieren, die in Fig. 13, e, a dargestellt ist; sie besteht nur aus vier Löchern 47 in der Bezugsebene A. Wie zu 5
ersehen, benutzt die strengere Vorgabe der Fig. 13A, h, d die Ebene A, das Loch D und den Ansatz E des Bauteils 41 der Fig. 12 als Bezüge; die Löcher 47 erscheinen also zusammen mit dem verjüngten Zapfen 48 (da der Bezug D mit dem RFS-Symbol modifiziert ist) und einem verjüngten Loch 51 (da der Bezugsansatz E ebenfalls mit dem RFS-Symbol modifiziert ist). Die Prüflöhre für Vorgaben für die Primär-, 10
Sekundär- und Tertiärebenen A, B und C ist in Fig. 13A, f, b gezeigt, wobei auf der Prüflöhre Flansche 52, 53 angeordnet sind, um eine Berührung mit den Bezügen B bzw. C zu erzwingen. Für die Lehren der Fig. 13A–C wird ebenfalls ein Koordinatensystem mit den drei Achsen dargestellt, entlang denen und um die die Translation bzw. Rotation entsprechend den unter den Toleranzvorgaben verbleibenden Freiheitsgraden (DF) erfolgen kann.

Es sollen nun die Funktionen des Prüfmoduls 37 der Fig. 10 beschrieben werden. Die Prüflöhren der Fig. 13A–C sind gemeinsam mit der Beschreibung des Prüflöhrenmoduls 36 im Rechner gespeichert, desgleichen eine 3-dimensionale CAD-Darstellung des zu prüfenden Teils. Der Rechner kennt die Gestalt des Teils, so dass er einen sinnvollen Prüfweg erstellen kann. Die Sensoranordnung (Fühlersatz) hängt von dieser Gestalt ab. Der Satz 22 der Fig. 5 verwendet Standard-Systemkomponenten der Fa. Renishaw Corporation. Bei einer solchen Sonde 22a handelt es sich um einen Schaft mit einer Rubinspitze. Der Sensor ist druckempfindlich und wird auf dem Roboterarm von Punkt zu Punkt um das zu prüfende Teil herumgeführt.

Das CIGMA-System beginnt nun den Prüfweg anzulegen. Hierzu bestehen zwei Optionen. In der ersten Option werden die zuvor definierten kritischen und wesentlichen Merkmale auf dem zu prüfenden Bauteil verwendet, wie sie die gespeicherte Prüflöhre darstellt. Wie oben beschrieben, verwendet die 25
Prüflöhre die Abmessungs- und Toleranzvorgaben der Teilezeichnung, wie sie in der CAD-Darstellung des Teils im Rechner vorliegen. Das System wählt nun eine geeignete Spitze des Satzes 22 (Fig. 5) und erzeugt einen für die Prüfung der erforderlichen Merkmale logischen Prüfweg in drei Dimensionen. Die erforderlichen Merkmale sind dabei diejenigen, die in der Prüflöhre für kritisch und wesentlich gehalten werden. Unter diesem Blickwinkel werden also die Prüflöhrenmodelle zur Festlegung des Prüfweges benutzt.

Alternativ wählt der Benutzer bzw. die Bedienungsperson das zu prüfende Merkmal des Bauteils. Das System kennt die Konfiguration des SONDENSATZES, bezeichnet eine geeignete Spitze 22a des SONDENSATZES 22 zur Prüfung des jeweiligen Merkmals und erzeugt den Prüfweg relativ zu dem im Rechner 35
enthaltenen CAD-Modell. An diesem Punkt kann der Benutzer in der Betriebsart «Definition des Prüfweges durch den Benutzer» fünf körperliche Merkmale des Bauteils wählen, d.h. Gewindemerkmale, Bohrungen, Ansätze, ebene Flächen und Kanten.

Der Prüfweg kann auf unterschiedliche Weise modifiziert werden. Der Benutzer kann dem System auf dem Bildschirm einen zu modifizierenden Wegabschnitt mitteilen und neue Koordinaten für jeden Wegpunkt mit der Tastatur eingeben. Alternativ kann ein neuer Punkt bzw. eine neue Koordinate dem 40
Prüfweg hinzugefügt werden, indem man die Laufmarke auf dem Bildschirm auf den neuen Punkt setzt und diesen über eine Tastenwahl eingibt. Weiterhin lassen sich Prüfwegpunkte löschen, indem man sie mit der Laufmarke auf dem Bildschirm markiert und von der Tastatur aus löscht. Der Prüfweg lässt sich auch hinsichtlich der «Näherungsdistanz» modifizieren. Jede Berührung zwischen einer Sonde 22a und einem Bauteil erfordert ein geeignetes Positionieren der Sonde in einem Nennabstand zum Prüfpunkt, der als «Näherungsdistanz» bekannt ist. Nach der Prüfung wird die Sonde 22a um die 45
«Rückziehdistanz» abgezogen. Beide Distanzen und somit der Prüfweg lassen sich durch Tastaturwahl ändern.

Der Prüfweg ist nunmehr angelegt. Das CIGMA-System tritt nun in den Prozess seiner Orientierung ein. Der Ort des Bauteils liegt innerhalb bestimmter Grenzen, die als Maschinenenveloppe bezeichnet sind. Eine gewisse Näherung der Lage des Teils innerhalb der Maschinenenveloppe, wie es auf dem Bildschirm dargestellt ist, muss bereits bekannt sein. Der SONDENSATZ wird an das Bauteil bis zur Berührung bestimmt leicht erreichbarer bekannter Merkmale auf dem Bauteil herangeführt, während das Bauteil diese Orientierung einnimmt. Beispiele solcher Merkmalskombinationen, die eine Festlegung der Orientierung gestatten, sind drei Ebenen, eine ebene und zwei Löcher, eine Ebene und ein Zylinder mit bekannter Achslage usw. Nach der Orientierung für den Prüfweg wird der SONDENSATZ kalibriert. Es ist einzu- 55
sehen, dass der SONDENSATZ selbst mit bestimmten Toleranzen hinsichtlich des Ist-Orts der Sonden 22a bezüglich des Satzkörpers 22 gefertigt ist. Hierzu wird ein Kalibrierartefakt auf dem Prüfmaschinenbett angeordnet, dessen Abmessungen genau bekannt sind. Die Maschine bringt den SONDENSATZ über dieses Artefakt, und jede Sonde wird an es angesetzt. Da die Abmessungen des Kalibrierartefakts bekannt sind, lassen sich aus den vom SONDENSATZ gelieferten Messwerten Fehler identifizieren und Ausgleichswerte speichern, mit denen die Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen später modifiziert werden.

Es wird nun das Jobsteuermodul 30 der Fig. 10 beschrieben. Der Jobsteuerungsabschnitt des CIGMA-Systems bestimmt die Schrittfolge für einen bestimmten Job vor dessen Ausführung. Zunächst wird 65

dem System die Identität einer bestimmten Art von Maschine mitgeteilt, die an das System angeschlossen werden wird – beispielsweise eine NC-Fräsmaschine der Firma Cincinnati.

Der ATTACH-Befehl steht für eine im System angewandte Jobsteuersprache. Er dient zum Verbinden des CIGMA-Systems mit der angegebenen CMM- oder DNC-Maschine. Wenn der ATTACH-Befehl in der Datei JOB auftritt, wird zunächst die angegebene Maschine mit dem CIGMA-System «verbunden».

Der bei der Rechnerzuweisung verwendete Gerätenamen muss durch den logischen Namen CIG MACHINE definiert sein; dies erfolgt extern zum Job. Beispielsweise kann die Datei LOGIN.COM den folgenden Befehl enthalten: ASSIGN TXC3: CIG-MACHINE. Der Bedienungsperson werden bei der Ausführung von ATTACH gewisse Anweisungen erteilt, die maschinenabhängig sind. Sind die angeforderten Vorgänge abgeschlossen, wird die Jobausführung fortgesetzt. Im folgenden ist die Jobsteuersprache erläutert, die mit dem ATTACH-Befehl zusammen Verwendung findet.

FORMAT: ATTACH (Maschinenart)

PARAMETER: (Maschinenart)

Bei der im ATTACH-Befehl angegebenen Maschinenart kann es sich um eine der folgenden handeln.

– CINCINNATI für Millicron-5VC-Maschinen der Firma Cincinnati,

– DEA für die DEA-CMM-Maschine,

– AUTOMATIX für den Laserroboter CMM der Firma Automatix,

– SIMULATE zum Testen und Debuggen von Jobs. Die simulierte Maschine fordert Daten an, die die an einer Maschine aufgenommenen Messwerte simulieren. Diese Option ist zur Qualitätsprüfung der Software nützlich.

– ECHO zum Prüfen von JOB. Die ECHO-Maschine liefert eine perfekte Messung. Diese Option ist nützlich zum Verifizieren, dass ein Job korrekt läuft, wenn ein Teil korrekt gefertigt wird.

– WALDRICH für die Waldrich-Coburg-Maschinen.

QUALIFIKATOREN:

/TOOL-NUMBER = nnnn

/TOOL-NUMBER gibt die während ATTACH zu wählende Werkzeugnummer an. Falls verfügbar, wird das angeforderte Werkzeug beim erstmaligen Anschliessen der Maschine in die SPINDEL eingesetzt. Dieser Vorgang kann nützlich sein, wenn die NC-Datendatei keinen Werkzeugwechsel enthält oder der Werkzeugweg des CAD-Modells dem Nachprozessor kein Werkzeug anweist. Die Option ist nur bei DNC/CMM- oder CND-Maschinen anwendbar und wird bei allen anderen Maschinen ignoriert.

ZUGEHÖRIGE OPERATIONEN:

Ein ATTACH-Befehl muss ausgeführt werden, bevor ein DNC- oder CMM-Befehl sich anwenden lässt. Falls er nicht ausgeführt wird, erfolgt eine Systemfehlerausgabe. Der Befehl DISCONNECT kann verwendet werden, um das Gerät für die Verwendung in einem anderen Prozess freizugeben.

BEISPIEL:

ATTACH/TOOL = 9999 SIMULATE

Diese Informationen hinsichtlich der an das System angeschlossenen Maschinenart dient als «Aufwecker» für das System, das daraufhin den unter Bezug auf das Prüfmodul 37 beschriebenen Kalibrierprozess durchführt.

CALIBRATE erläutert ebenfalls die Jobsteuersprache des Systems. CALIBRATE dient dazu, die Ist-Geometrie eines SONDENSATZES 22 vor dem Einsatz zu messen. Das System erfordert, dass alle SONDENSPITZEN 22a vor dem Einsatz beim Ausmessen von Bauteilen kalibriert werden. Wenn die SONDENGEOMETRIE genau bekannt und die Konstruktion des SONDENSATZES im System genau ist und geprüft werden soll, kann eine Sonde auf die im CAD-System enthaltenen Konstruktionswerte kalibriert werden. Soll eine frühere Kalibrierung verwendet werden, können die Kalibrierungsergebnisse aus einer Datendatei eingelesen werden. Die Kalibriertabelle ist als der Vektor vom Bezugspunkt des SONDENSATZES zum Mittelpunkt der Kugelspitze auf jeder Sonde definiert. Die mit dem CALIBRATE-Befehl verwendete Jobsteuersprache ist wie folgt:

FORMAT: CALIBRATE Prozessnummer

CALIBRATE / DESIGN

CALIBRATE / FILE = (DATEINAME)

CALIBRATE Prozessnummer.

PARAMETER:

In dieser Form des CALIBRATE-Befehls wird die zu verwendende Prozessnummer als Parameter angegeben. Diese Form wird angewandt, wenn eine tatsächliche Kalibrierung eines Sondensatzes durchgeführt werden soll. Die Verwendung von FILE, DESIGN und anderen Qualifikatoren ist nicht erlaubt (es gibt also drei unterschiedliche Formen des CALIBRATE-Befehls).

QUALIFIKATOREN:

(OUTPUT-FILE = (Dateiname))

Die Ergebnisse der Kalibrierung werden in der angegebenen Datei gespeichert. Diese Datei kann später vom CIGMA-System eingelesen werden, um eine Sonde zu kalibrieren, anstatt hierzu Maschinenzeit aufwenden zu müssen.

/MAXTIPERR = (Realwert)

Der Wert MAXTIPERR dient zur Steuerung, wie weit die kalibrierte Sonde vom Konstruktionswert abweichen kann. Der Ort jeder Spitze relativ zum Sollort wird daraufhin geprüft, ob er innerhalb dieses MAXTIPERR zum Sollort liegt. Falls der Fehler grösser ist, beendet das CIGMA-System den Prozess mit einer Fehlermeldung. Wird MAXTIPERR nicht oder zu 0,0 angegeben, erfolgt keine Prüfung.

/MAXRADERR = (Realwert)

Dieser Wert dient zur Kontrolle, wie weit der Radius der Kugelspitze vom Sollwert sein kann. Falls nicht angegeben, erfolgt keine Prüfung.

/MAX-VARIATION.

Dient zur Kontrolle, wie gross die maximale Abweichung der berechneten Sondenspitzen sein darf. Der Kalibrierprozess erzeugt fünf Punkte auf einer Kugel 10 (Fig. 1), um jede Spitze zu eichen; man erhält also für jede Kugelspitze fünf berechnete Durchmesser, aus denen ein Mittelwert gebildet wird. Falls die Abweichung vom Mittelwert für eine beliebige Sondenspitze MAX-VARIATION übersteigt, bricht CIGMA den Prozess mit einer Fehlermeldung ab.

/TOOL = (Werkzeugnummer)

Ist /TOOL angegeben, wird das angegebene Werkzeug vor der Ausführung des Kalibrierungsprozesses in die Spindel geladen.

CALIBRATE/DESIGN

Mit dieser Form des CALIBRATE-Befehls werden keine anderen Parameter oder Qualifikatoren verwendet. Er gibt an, dass die Konstruktionswerte des Sondensatzes zu dessen Kalibrierung verwendet werden sollen.

CALIBRATE/FILE = (Dateiname)

Mit dieser Form des CALIBRATE-Befehls werden keine anderen Parameter oder Qualifikatoren verwendet. Er gibt an, dass die Kalibrierung aus einer Kalibrierdatei gelesen werden soll. ANMERKUNG: Der Name des Sondensatzes ist in dieser Datei enthalten und muss zu dem Sondensatz passen, der im Betrieb der Maschine während der folgenden Prüfoperationen verwendet werden soll.

VERWANDTE OPERATIONEN:

Die Befehle ORIENT und INSPECT verlangen die Kalibrierung des Sondensatzes. Wird ein INSPECT- oder ORIENT-Befehl mit nicht-kalibrierter Sonde versucht, bricht das System den Vorgang ab und gibt eine Fehlermeldung aus. Verwendet eine INSPECT- oder ORIENT-Operation einen anderen als den zuvor kalibrierten Sondensatz, bricht das System ebenfalls ab und gibt eine Fehlermeldung aus.

Beispiel:

```
CALIBRATE/DESIGN
CALIBRATE/FILE = STAR-CLUSTER. CAL
CALIBRATE/OUTPUT = START ----- CLUSTER. CAL/MAXTIP
ERR = .0001 901
```

Nach der Ausführung des CALIBRATE-Befehls in der Jobsteuerung wird ein Punkt auf dem im Rechner gespeicherten CAD-Modell gefunden, indem die Laufmarke als Zielkreuz von Hand auf den gewünschten Punkt auf dem CAD-Modell gesetzt wird. Eine Ecke ist ein sinnvoller Punkt für die Bezeichnung von Hand, da es leichter ist, die Laufmarke genau damit auszurichten. Die CAD-Darstellung des Bauteils, für das die Jobkontrollfolge erzeugt wird, wird auf dem Bildschirm dargestellt. Danach läuft der im Zusammenhang mit dem Prüfmodul beschriebene Orientierungsprozess ab. Der Orientierungsprozess kann auch für andere Zwecke verwendet werden. Bei dem Job kann es sich um die Herstellung neuer Merkmale auf dem Werkstück oder um die Prüfung bearbeiteter Merkmale handeln: beide Funktionen lassen sich anhand der anfänglich definierten Bezüge ausführen. Weiterhin kann es in bestimmten Fällen erwünscht sein, ein Werkstück zu bearbeiten und die bearbeiteten Merkmale sofort anhand der erwähnten Bezüge zu prüfen. Auf diese Weise kann ein Werkstück praktisch schrittweise unter Bezug auf die im CAD-Modell enthaltenen Bezüge und mit den oben beschriebenen Prüflernen aufbauen.

Nachdem der Prüfprozess schrittweise mit Einzelprüfung nach jedem Bearbeitungsvorgang für das gesamte Werkstück in einem Durchlauf oder nach einer gewünschten Schrittfolge ausgeführt worden ist, geht die Jobsteuerung zur Analyse der Prüfergebnisse über. Die Analyse läuft dabei für die Simulation auf die unten anhand des Analysemoduls 38 beschriebene Weise ab. Nach dem Analyseschritt in der Jobsteuerdefinition ergeht die Anweisung, die Maschine abzutrennen, und das System wird abgeschaltet.

Die Erzeugung der Jobsteuerfolge enthält weitere Funktionen, die für bestimmte Jobs erforderlich sein können. Wie beispielsweise die Ausgabe bestimmter Sichtdarstellungen während eines Joblaufs für spezielle Zwecke oder von für den jeweiligen Job geltenden Mitteilungen an die Bedienungsperson. Ist alles dieses – einschliesslich der für einen bestimmten Job geltenden anderen oder speziellen Funktionen – berücksichtigt, wird die Jobsteuerung simuliert, indem die Schrittfolge so ausgeführt wird, dass die Bedienungsperson, die sie gerade generiert hat, den Ablauf verfolgen kann. Ist die Bedienungsperson mit dem Ablauf zufrieden, kann sie die Jobsteuerung danach beliebig aufrufen.

Bei der eigentlichen Ausführung der Jobsteuerung in der Maschinenhalle liefert die Identifikation der angeschlossenen Maschine dem CIGMA-System Angaben hinsichtlich der verfügbaren Werkzeuge und/oder der Prüfeinrichtungen. Die Bedienungsperson befiehlt dann die Jobausführung («Run the job»), und das System tritt in den Kalibrierungsprozess für den SONDENSATZ ein, wie er oben beschrieben ist. Der bezeichnete Orientierungspunkt auf dem Bauteil (nach dessen angenäherter Ausrichtung mit Hilfe der Bildschirmdarstellung) blinkt, und die Bedienungsperson führt die Sonde von Hand an diesen Punkt. Hiernach beginnt der Orientierungsprozess, und das CIGMA-System übernimmt die Kontrolle von der Bedienungsperson. Danach werden die vorbestimmten Bauteilemerkmale entsprechend der Bezeichnung durch die Jobsteuerung am Bauteil hergestellt (sofern in der Jobsteuerung enthalten) und/oder geprüft. Die Prüfergebnisse werden den Rechnerdaten hinzugefügt und vom Analysemodul 38 der Fig. 10 analysiert. Am Ende der Jobsteuerfolge wird die Maschine abgetrennt und der Prozess verlassen.

Es soll nun das oben erwähnte Analysemodul 38 der Fig. 10 erläutert werden. Das Analysemodul führt zwei Aufgaben aus, die Lehrenanalyse und die statistische Prozesskontrolle (SPC). Diese beiden Analysen können vom System gleichzeitig oder separat vorgenommen werden. Die Lehrenanalyse will die Frage «Ist dieses Bauteil in Ordnung?» beantworten. Die geltenden Prüflernen werden von der Jobsteueroutine bezeichnet. Sie werden so, wie sie aus den Prüfergebnissen konstruiert worden sind, auf das Bauteil gelegt; das System versucht, innerhalb der für die Lehren erlaubten Freiheitsgrade sie mit dem Werkstück zur Passung zu bringen. Falls die Lehre passt, ist die Prüfung abgeschlossen. Falls nicht, wird die Möglichkeit eines Nacharbeitens untersucht. Ergibt sich, wie oben beschrieben, dass ein Nacharbeiten möglich ist, wird der Bedienungsperson mitgeteilt, wie sie dabei vorgehen hat. Passt die Lehre immer noch nicht, ist ein Nacharbeiten nicht möglich; die Maschine wird abgetrennt und der Prozess ausgeschaltet.

Die statistische Prozesskontrolle beantwortet die Frage: «Erzeugt die Werkzeugmaschine die Teile so wie in der Vergangenheit, als sie einwandfrei waren?» Hierzu werden in der Systemdatei die Messwerte hinsichtlich aller geprüften Merkmale an jedem Werkstück festgehalten. Diese Aufzeichnungen ergeben eine Verteilung, die in den definierten Teiletoleranzen für die geprüfte Population enthalten ist. Die Population dient als Bezugswert für die an den entsprechenden Teilen später geprüften Merkmale. Auf diese Weise wird innerhalb der definierten Teiletoleranzen eine Normalverteilung bestimmt, in der Werte innerhalb der $+3\sigma$ -Grenzen (99,7% der Population) akzeptabel sind. Fällt ein geprüftes Merkmal aus diesem Bereich (3 von 1000) hinaus, wird für den zugehörigen Prozess eine Kontrollmarke gesetzt, auch wenn das Teil noch toleranzhaltig ist, und der Prozess untersucht. Ausreisser ausserhalb des $3 + \sigma$ Bereiches können durch zahlreiche Einflüsse verursacht werden – beispielsweise eine neue Bedienungsperson, eine lockere Einspannvorrichtung, einen schlechten oder falschen Werkstoff, ein verschlissenes Werkzeug und dergleichen. An irgendeiner Stelle des Bearbeitungsvorganges erfolgt dann ein korrigierender Eingriff, und es werden etwa fünf Werkstücke nach dem gleichen Prozess gefertigt; sind sie allesamt einwandfrei, wird der Prozess wieder aufgenommen. Sind nicht alle Werkstücke einwandfrei, wird die Untersuchung fortgesetzt.

Ist ein Prozess ausser Kontrolle geraten, kann die Bedienungsperson eine bildliche Darstellung von Daten aus der Vergangenheit abrufen. Sie kann ein Laufdiagramm, das zeigt, wie ein angegebenes bear-

beitetes Merkmal als Ergebnis des Prüfvorgangs erscheint, oder ein Säulendiagramm X abrufen, d.h. eine bildliche Darstellung des Mittelwerts der Probenwerte der Prüfung. Alternativ kann sie ein R-Diagramm abrufen, das den Bereich der Prüfpunkte für das jeweilige Merkmal im betreffenden Fertigungslauf zeigt. Mit diesen Informationen ist die Bedienungsperson in einer besseren Lage, eine der oben erwähnten potentiellen Ursachen für den Fehlerzustand zu bezeichnen. Es wurde also ein intelligentes Mittel geschaffen, um den vorerwähnten Eingriff in den Prozess durchführen zu können, bevor die erwähnten fünf Proben gefertigt werden, um zu bestimmen, ob der Prozess wieder unter Kontrolle ist.

Es soll nun das Toleranzmodul 40 der Fig. 10 erläutert werden. Das Toleranzmodul ist im CIGMA-System zur Verwendung durch den Konstrukteur, weniger den Qualitätssicherungs- oder Fertigungsingenieur vorgesehen. Es führt zwei separate Funktionen aus, von denen die erste die weniger komplexe ist. Es ist seit langem bekannt, dass es für den Konstrukteur schwierig ist, zwei gepaarte Teile mit Toleranzangaben für beide so zu erstellen, dass für beliebige Zustände innerhalb der Toleranzbereiche die Teile mit Sicherheit ohne Masskonflikte zusammengesetzt werden können. Oft wird eines von gepaarten Bauteilen von einem Konstrukteur konstruiert, das zugehörige Paarungsteil von einem anderen. Das CIGMA-System nimmt beide gepaarten Teile beschreibende Daten zusammen mit den Toleranzvorgaben nach der ANSI-Norm und untersucht sie in der Zusammensetzung, wenn an jedem Teil die Worst-Case-Abmasse für den zusammengesetzten Zustand vorliegen. Weiterhin prüft das CIGMA-System, ob jedes der gepaarten Teile mit korrekten Abmessungs- und Toleranzangaben bezüglich des jeweils anderen Teils beschrieben sind. Auf diese Weise lassen gepaarte Teile sich hinsichtlich (1) potentieller Masskonflikte und (2) Unverträglichkeiten zwischen den Bezugsvorgaben zwischen den Teilen identifizieren. Die erste Funktion des Toleranzmoduls prüft also Toleranzwerte, die der bzw. die Konstrukteure bereits angegeben haben, und zeigt dem Benutzer potentielle Masskonflikte oder widersprüchliche Bezugsvorgaben an, mit denen ein ansonsten korrekt toleriertes Paarungsteil zwar toleranzhaltig ist, aber nicht passt.

Die zweite Funktion des Toleranzmoduls 40 in Fig. 10 ist die Durchführung einer Analyse von festen und schwimmenden Befestigern («fixed and floating fastener analysis»). Werkstattzeichnungen enthalten zahlreiche Toleranzangaben nur für den Ort von Merkmalen, die zum Zusammenhalten von Teilen dienen – beispielsweise Befestiger. Ein fester Befestiger kann dabei durch einen Gewindebolzen dargestellt werden, der mit Spiel durch eine Bohrung in einem Teil verläuft und in ein zweites eingeschraubt ist; ein schwimmender Befestiger kann dargestellt werden durch einen Bolzen, der mit Spiel durch Bohrungen in beiden Teilen verläuft, wobei die beiden Teile beispielsweise mit einer auf den Befestiger aufgeschraubten Mutter miteinander verspannt werden. Das zweite Toleranzmodul dient zur Erzeugung der Toleranzwerte, die der Konstrukteur auf den Werkstattzeichnungen für beide der gepaarten Teile anzugeben hat.

Die vom Benutzer zu unternehmende Analyse für einen in von ihm zu verspannenden Teilen nicht festgelegten Befestiger («floating fastener») in der zweiten Funktion des Toleranzmoduls verlangt zunächst die Wahl des zu verwendenden Befestigers. Befestiger werden nach Norm-Schaftdurchmessern und -Kopfgrössen (beispielsweise an Gewindebolzen) beschrieben, die bestimmte Auflageflächen unter dem Kopf aufweisen. Diese Beschreibungen lassen sich in Konstruktionstabellen finden. Dann bezeichnet der Benutzer die Orte auf einem Werkstück, an denen die gewählten Befestiger eingesetzt werden sollen. Dies geschieht, indem er auf einer Bildschirmdarstellung des Werkstücks die Laufmarke auf die Befestigungspunkte setzt und mit der Tastatur die Informationen eingibt, wie dies zuvor für die anderen Funktionen des CIGMA-Systems beschrieben ist. Der Benutzer bezeichnet nun die beim Positionieren der Merkmale auf dem Werkstück zu verwendenden Bezüge, beispielsweise Löcher, in die Befestiger eingesetzt werden, und gibt sie in das System ein. Das CIGMA-System berechnet die optimale Lochgrösse für jeden Befestiger und die wahre Position der Bohrungen auf dem gepaarten Bauteil, während es gleichzeitig die gespeicherten CAD-Modelle des Werkstücks und seines Paarungsteils untersucht. Dabei werden für beide Werkstücke die Bohrungen nach ihrer Durchmesser-Ober- und Untergrenze so berechnet, dass die gesamte Auflagefläche eines Kopfes auf der Oberfläche des durchsetzten Werkstücks aufliegt. Es ist einzusehen, dass es für die Konstruktion der Anordnung nachteilig sein kann, wenn Löcher in dem einen Befestiger aufnehmenden Teil so gross sind, dass sie ausserhalb der Abmessungen des haltenden Teils des Befestigers (Kopf) liegen.

Ebenso berücksichtigt das CIGMA-System die Eigenschaften des Werkzeugs, mit dem das betreffende Werkstückmerkmal erzeugt werden soll. Beispielsweise wird ein Bohrer mit zunehmendem Verschleiss immer grössere Löcher bohren; die Konstruktionstabellen geben Richtlinien zur Abschätzung des Ausmasses der Aufweitung. Beispielsweise wird ein Bohrer mit einem Durchmesser von 15,06 mm (0,593 in.) nie ein Loch von mehr als 15,88 mm (0,625 in.) Durchmesser bohren, auch wenn er völlig stumpf geworden ist. Das CIGMA-System weiss dies und nutzt es aus, um geeignete Toleranzen für die gepaarten Werkstücke festzulegen.

Als Beispiel für die Festlegung einer Lochtoleranz für einen zwei Werkstücke «schwimmend» verspannenden Befestiger durch das CIGMA-System sei auf Fig. 16 verwiesen, in welcher ein Bauteil 57 mit vier Löchern 58 gezeigt ist. In diesem Fall wählt der Konstrukteur einen Bolzen mit einem Schaftdurchmesser von 12,7 mm (0,500 in.) und einer Kopfgrösse von 19,05 mm (0,750 in.), der das Teil 57 mit einem Teil 59 verschrauben soll, das ebenfalls vier Löcher 61 enthält. Sind die Löcher 58 maximal 15,88 mm (0,625 in.) gross, überdeckt die Auflagefläche des Bolzenkopfes die Löcher 58. Ein 15,06-mm- (0,593-

in.)-Bohrer, der ein grösseres Loch als 15,88 mm (0,625 in.) nie bohren kann, wie bereits erwähnt, wird gewählt, und die vier Löcher werden mit 15,06 mm + 0,81 mm (0,593 in. plus 0,032 in.) Durchmesser angegeben, was eine maximale Lochgrösse von 15,88 mm (0,625 in.) erlaubt. Die minimale Lochgrösse ist die Differenz zwischen 15,06 mm (0,593 in.) und dem Bolzenschaftdurchmesser, wobei das Abmass des Lochs max. 12,7 mm (0,500 in.) wird. Die Mass- und Toleranzangaben nach der ANSI-Norm erscheinen also in der Reihenfolge wahre Position, Durchmesser, Nulltoleranz unter MMC-Bedingungen relativ zum Bezug A (Oberseite des Teils 57), wie dies in Fig. 16 gezeigt ist.

Wird dem CIGMA-System mitgeteilt, dass ein fester (d.h. in einem der zu verspannenden Bauteile festgelegter) Befestiger mit Toleranzangaben bezüglich der gepaarten Teile zu versehen ist, erfolgt die Werteeingabe durch den Benutzer genau so, wie oben für den «schwimmenden» Befestiger angegeben. Zusätzlich fragt das CIGMA-System nach der Dicke des die mit Spiel zu bohrenden Löcher enthaltenen Teils sowie nach der des Teils mit den entsprechenden Gewindebohrungen, wie oben erläutert. In diesem Fall sind die Durchstecklöcher mit Übermass zu bohren wie bei der Analyse eines schwimmenden Befestigers, aber das Abmass der Durchstecklöcher wird geringer, da der in die Gewindebohrungen eingeschraubte Befestiger sich nicht mehr bewegen kann, die Durchstecklöcher im «schwimmenden» Teil müssen daher enger toleriert sein. Das CIGMA-System erkennt diese Notwendigkeit bei der Analyse und – zum Vergleich – die Toleranzen für die Löcher 61 im Teil 59 der Fig. 16, die hier als Gewindebohrungen zur Aufnahme des Befestigers angenommen seien, mit 1,57 mm (0,062 in.) im MMC-Zustand, wo die Dicke des Teils 57 berücksichtigt wird. Die ANSI-Normangaben für die vier Gewindebohrungen 61 der Fig. 16 würden also wie folgt erscheinen:

1/2 13 UNC-2B
0 0 0,062 M A
0,510 P

Es folgt ein verkürztes Programmlisting, das eine Art und Weise der Formulierung eines Programms zum Betrieb des offenbarten Systems bei der Durchführung der erläuterten Analysen, der Jobsteuerung und der Toleranzmodulprozesse zeigt.

Copyright FMC Corporation 1987.

```

C
SUBROUTINE SPC_DRIVER
5
C
C      ZWECK: GESAMTKONTROLLE FÜR DIE SPC-OPTION
C
C
C      AUSFÜHRUNGSBEGINN
10
C
C      SCHLEIFE ZU MENÜPUNKTEN
C
DO WHILE ( .NOT. TERMINATE )
15
C
C      IF ( MENULEVEL .EQ. 1 ) THEN
C
C          BENUTZER WÄHLT SPC-OPTION AUS DEM MENÜ
C
C
C          CALL CIG ENTR CHOICE ( PRIMSG , NBMENU , TXMENU ,
20
C              CHOICE , REJECT , ACCEPT )
C
C          OPTIONSMARKEN GEMÄß DER WAHL SETZEN
C
C
C          IF ( REJECT .OR. ACCEPT ) THEN
25
C              ELSE
C              END IF
C          ELSE IF ( MENULEVEL .EQ. 2 ) THEN
C              IF ( CHOICE .EQ. 1 ) THEN
30
C
C                  BENUTZER HAT MENÜPUNKT 1, SPC-ANALYSE GEWÄHLT      ol
C
C
C                  CALL SPC ANALYSIS
35
C                  ELSE IF ( CHOICE .EQ. 2 ) THEN
C
C                      BENUTZER HAT MENÜPUNKT 2 GEWÄHLT:
C                      SPC-DATENBASISMANAGEMENT                      l
40
C
C                  CALL DISPLAY_MSG ( 1 , 2 , .TRUE. , ACCEPT )
C                  ELSE
C
C                      FEHLER IN DER MENÜBEARBEITUNG
45
C
C              END IF
C          ELSE
C              END IF
50
C          END DO
C          END

```

55

60

65

41

```

5      CALL DISPLAY MSG ( NBOZER , OSERMS , 2 ,
      &      .TRUE. , _ACCEPT )
      ELSE
      C      WEITER ZUM NÄCHSTEN MENÜNIVEAU.
      C
      C
10     END IF
      ELSE IF ( MENULEVEL .EQ. 3 ) THEN
      C
      C      BENUTZER ZUR WAHL EINES GEGENSTANDES FÜR DIE SPC-ANALYSE
15     C      AUFFORDERN.
      C
      CALL PICK ONE ENTITY ( ENTTYPE , PICKMSG , ENTPTR ,
      &      REJECT , _ACCEPT )
      C
20     C      FLAGGEN SETZEN GEMÄß ANTWORT DES BENUTZERS.
      C
      IF ( REJECT .OR. ACCEPT ) THEN
25     ELSE
      END IF
      ELSE
      C
      C      BENUTZER HAT GRENZBEDINGUNGEN EINGEGEBEN UND EINEN
30     C      GEGENSTAND FÜR DIE SPC-ANALYSE GEWÄHLT. ERFORDERLICHE
      C      BERECHNUNGEN DURCHFÜHREN UND ERGEBNISSE AUSGEBEN.
      C
      CALL SPC CALCULATIONS ( USRINP , NBSAMP , ENTPTR ,
35     &      ENTTYPE )
      C
      C      ZURÜCK ZUM VORIGEN MENÜNIVEAU UND PRÜFEN, OB BENUTZER
40     C      DIE ANALYSE ERNEUT FÜR ANDEREN GEGENSTAND DURCHFÜHREN W
      END IF
      END DO
      END

```

45

50

55

60

65

```

C
SUBROUTINE TOLANALYSIS
5  C
C      ZWECK: TREIBER FÜR DIE TOLERANZANALYSE.
C
C      AUSFÜHRUNG BEGINNEN.
C
10  C      TOLERANZANALYSE-MENÜ AUSGEBEN UND ANGEFORDERTE FUNKTION
C      AUSFÜHREN, BIS DER BENUTZER DIE BEENDIGUNG ANFORDERT.
C
C
15  C      GOTO (1000), GET_CIGCON(2)
C
C      DO WHILE (.NOT. TERMINATE)
C          CALL CIG_ENTR_CHOICE (PRIMARY, MENLINES, MENU, RESPONSE,
20  C          &                REJECT, ACCEPT)
C
C          IF (REJECT .OR. ACCEPT) THEN
C
C              WIR SIND HIER FERTIG - ZURÜCK ZUM HAUPT-CIG-MENÜ.
C
C          ELSE IF (RESPONSE .EQ. 1) THEN
30  C
C              ANALYSE FÜR SCHWIMMENDE BEFESTIGER.
C
C          ELSE IF (RESPONSE .EQ. 2) THEN
35  C
C              ANALYSE FÜR FESTLIEGENDE BEFESTIGER.
C
C          ELSE,
40  C
C              WORST-CASE-ANALYSE FÜR DEN ZUSAMMENBAU
C
C              CALL SET_CIGCON(2,1)
45  C              CALL CONTINUE
C              CALL WORSTCASE
C
C          1000
C
C          END IF
50  C          END DO
C
C      END
55
60
65

```

```

C
SUBROUTINE WORSTCASE
5  C      ZWECK: TREIBER FÜR DIE WORST-CASE-ANALYSE.
C
C      AUSFÜHRUNG BEGINNEN.
C
10  C      WORST-CASE-MENÜ AUSGEBEN UND ANGEFORDERTE FUNKTION AUS-
C      FÜHREN, BIS DER BENUTZER BEENDIGUNG ANWEIST.
C
C      GOTO (1000), GET_CIGCON(3)
15  C
C      DO WHILE (.NOT. TERMINATE)
C          CALL CIG_ENTR_CHOICE (PRIMARY, MENLINES, MENU, RESPONSE,
C              REJECT, ACCEPT)
C
20  C      IF (REJECT .OR. ACCEPT) THEN
C
C          WIR SIND HIER FERTIG; ZURÜCK ZUM VORIGEN MENÜ.
C
25  C
C      ELSE IF (RESPONSE .EQ. 1) THEN
C
C          MIT PAARUNGSTEIL ZUSAMMENSETZEN.
C
30  C      CALL MERGEMATE (PARTMERGED)
C
C      ELSE IF (RESPONSE .EQ. 2) THEN
C
35  C      WORST-CASE-ANALYSE DURCHFÜHREN.
C
C      CALL SET_CIGCON(3,1)
1000  C      CONTINUE
C      CALL VCANALYSIS (PARTMERGED)
40  C
C      ELSE IF (RESPONSE .EQ. 3) THEN
C
C          WORST-CASE-MODELLE LÖSCHEN
C
45  C      CALL DEL_VC_MODEL
C
C      ELSE IF (RESPONSE .EQ. 4) THEN
50  C
C          PAARUNGSTEIL ENTFERNEN
C
C      CALL REMOVMATE (PARTMERGED)
55  C
C      ELSE
C
C          PAARUNGSTEIL UMSETZEN (AUS DEM WEG BRINGEN)
C
60  C      CALL REPOSNMATE
C
65

```

```

      END IF
    END DO
  C
5    END

CRUNJOB
C+
10  SUBROUTINE RUNJOB(PDQLEVEL)
  C
  C      ZWECK: ANGELEGENE NC-WERKZEUGÜBERGABE- UND PRÜFOPERA_
  C      TIONEN DURCHFÜHREN.
15  C
  C      AUSFÜHRUNG BEGINNEN
  C
  IF(PDQCON(PDQLEVEL).NE.0) THEN
    IF(JOBSEVEREERROR) THEN
20    C
    C      FEHLER - EINFACH ABSCHLIESSEN
    C
    CLOSE (UNIT = MSUNIT)
    CLOSE (UNIT = NCUNIT)
25    END IF
  END IF
  GO TO (1000,2000,3000,4000,5000,6000,7000,8000,
&      9000,10000,11000,12000,13000,14000,15000,
&      16000,17000,18000,19000,20000),PDQCON(PDQLEVEL)
30  DO II=1,80
  END DO

  C
  C      VORRICHTUNGSOFFSETS INITIALISIEREN (WERDEN IN "MANUAL-FIXTURE" GESETZT)
35  C
  C
1000 CONTINUE
  IF(CLI_JOBNAMEPRESENT) THEN
40  C
  C      BEFEHLSZEILE ENTHÄLT EINEN JOBNAMEN
  C
  ELSE
    DO WHILE(.NOT.DONE)
45  C
  C      JOB AUS HAUPTMENÜ RUN JOB WIRD AUSGEFÜHRT;
  C      ANFRAGEN, WIE DER BENUTZER DIE AUSFÜHRUNG WÜNSCHT.
  C
  CALL CIG_ENTR_CHOICE(PRIMARY,NUMBER OF MENU ITEMS,
&                      TYPE OF JOB,RESPONSE,REJECT,OPCOMP)
50  IF(REJECT.OR.OPCOMP) THEN
    ELSE
      IF(RESPONSE.EQ.1) THEN
55  CALL CLRALPHA
      CALL USERCHARINP('ENTER NAME OF JOB TO RUN: ',
&                      USERINP,OPCOMP,REJECT)
      IF(.NOT.REJECT.AND.USERINP.NE.' ')
60  THEN

```

```

5      ELSE
      END IF
      ELSE IF(RESPONSE.EQ.2) THEN

C      JOBAUSFÜHRUNG MIT TASTATURBEFEHLSEINGABE
C
C
C      DATENPARAMETER MIT TEILENAME SETZEN
C
C      CALL CIG_GET_PARTNAME(USERINP)
      ELSE

15    C      JOB AUS MENÜ DURCHFÜHREN
      C
      C      CALL CIG_GET_PARTNAME(USERINP)
      END IF
      END IF
      END DO
      CALL CLRALPHA
      END IF
25    1010 FORMAT(80A1)
      CALL REMOVE_SPACES(USERINP)

C      PRÜFEN, DASS DER AKT. JOB NICHT SCHON IN DER DATENBASIS VORLIEGT
C
C
C      IF(.NOT.KEYBOARD.AND..NOT.ML      THEN
C      !OPEN
      CALL CIG_OPEN_FILE (JOBUNITNUMBER,      ! unit number
35    &      USERINP,      ! user file
      &      1,      ! status-old
      &      0,      ! access-sequential
      &      0,      ! carriage-list
      &      ' ',      ! default file name
40    &      '.CJB',      ! default file ext
      &      EDIT FILE,      ! filespec opened
      &      DIRECTORY,
      &      ERROR_STATUS)

C      IF (DIRECTORY) GOTO 1000
      IF (ERROR_STATUS) THEN

C      FEHLERAUFNAHME BEIM ÖFFNEN
C
C
50    CALL FORCERESP(0,0)
      IF(GC(1).EQ.0) RETURN
      GO TO 1000
      END IF

55    C
      BRACK      = CHAR POSITION (EDIT FILE, ']') + 1
      CARAT      = CHAR POSITION (EDIT_FILE, '>') + 1
      START      = MAX (BRACK, CARAT)
      DOT        = CHAR POSITION (EDIT FILE, '.') - 1
      JOBNAME    = EDIT_FILE (START:DOT)
60

```

```

C
      CALL CHECKJOBSYNTAX(JOBNAME,INSPECT_PRESENT,ERROR)
      IF(ERROR) THEN
5        END IF
      ELSE
      END IF
      IF(INSPECT_PRESENT) THEN
10
C      PRÜFUNG WURDE AUS DEM JOB ANGEFORDERT
C
      CALL JUMPCOMON(1)
      CALL ALPHAOFF
15 2000 CONTINUE
      CALL GETFILES(PDQLEVEL+1,.FALSE.,.TRUE.,FIRSTTIME,
      &      ERROR,TERMITALL)
      IF(ERROR.OR.TERMITALL) THEN
20        CLOSE (UNIT = MSUNIT)
        CLOSE (UNIT = NCUNIT)
      END IF
      END IF
      IF(.NOT.KEYBOARD.AND..NOT.MENU) THEN
25      END IF
C
      END_OF_JOB=.FALSE.
C
      KURVENSATZ, GEWICHT UND FARBE SETZEN
30
C
C
C
C
C      EINEN DCS MIT NAMEN RUNJOB ZUSÄTZLICH ZU AKTUELLEM DCS KREIEREN
35
C
      CALL CIG CHECK DCS NAME('CIGJOB',EXIST,JOB_DCS_PTR)
      IF(.NOT.EXIST) THEN
      ELSE
40      EXISTIERT SCHON
C
      IF(CHECK_DCS_PTR.EQ.JOB_DCS_PTR) THEN
C
45      AKTUELLER DCS IST CIGJOB
C
      ELSE
C
50      AKTUELLER DCS IST NICHT CIGJOB
C
      CALL CIG_DEL_ENT_PTR(1,JOB_DCS_PTR,ERROR)
      END IF
      END IF
55      IF(CREATE_DCS) THEN
C
      DCS EXISTIERT NICHT, ZUSÄTZLICH ZU AKTUELLEM DCS KREIEREN
C
60      CALL CIG_CRE_PT COORDS(JOB ORIG,PT PTRS,ERROR)
      CALL CIG_CRE_PT COORDS(JOB_XAXIS,PT_PTRS(2),ERROR)
65

```

```

5      CALL CIG CRE PT COORDS(JOB YAXIS,PT PTRS(3),ERROR)
      CALL CIG CRE DCS_PTR(PTR_PTRS,'CIGJOB',JOB_DCS_PTR,ERROR)
      IF(ERROR) THEN
      END IF

      C
      C
      C      FÜR DEN DCS-AUFBAU BENUTZTE PUNKTE LÖSCHEN

10     CALL CIG DEL ENT PTR(3,PT PTRS,ERROR)
      CALL CIG ACTDCSPTR(JOB_DCS_PTR,ERROR)
      IF(ERROR) THEN
      END IF
      END IF

15     C
      C
      C      ERSTEN JOBBEFEHL HOLEN:

      CALL GETNEXTJOBLINE(END OF JOB,FIRSTCALL,ERROR)
      DO WHILE(.NOT.END_OF_JOB.AND..NOT.ERROR)

20     C
      C3000    CONTINUE
      IF(.NOT.ERROR) THEN

      C
      C
      C      ERSTES ZEICHEN ≠ LEERZEICHEN IN DER ZEILE SUCHEN

25     C
      C      DO WHILE(II.LT.LEN(JOBLINE)-1
      C          .AND.JOBLINE(II:II).EQ.' ')
      C      END DO

30     C
      C
      C      KOMMENTARZEILEN NICHT ANALYSIEREN

      IF(JOBLINE.NE.' ') THEN
      IF(JOBLINE(1:1).NE.'!') THEN
35         CALL LIB$ESTABLISH(HANDLER)
      IF(ISTAT.EQ.229552) THEN
      CALL LIB$SIGNAL(XVAL(ISTAT))
      CALL WAITRESP(2)
      ELSE IF(ISTAT.NE.196609) THEN
40         error in parse
      CALL WAITRESP(2)
      ELSE !PARSE OK
      CALL LIB$REVERT
      CALL PDQINIT(PDQLEVEL+1)
      CALL ALPHAOFF      !MENUS OFF
45         CALL JUMPCOMON(1) !NORMAL JUMP/RETURNS TO ANVIL

      C
      C
      C      GEFORDERTE OPERATION DURCHFÜHREN

50         IF(JOBLINE(1:4).EQ.'DISC') THEN

      C
      C
      C      MASCHINE VOM RECHNER TRENNEN

      C4000    CONTINUE
      CALL CIG DISCONNECT MACHINE(PDQLEVEL+1)
55         ELSE IF(JOBLINE(1:4).EQ.'NC_P') THEN

      C

```

```

C
C
5  C
   C
   C
      &
10  &
   &
   &
15  5000
      &
20  5100
      &
25  C
   C
   C
30  C
   C
   C
35  &
   &
   &
40  6000
      &
45  &
   &
   &
50  C
   C
   C
55  &
   &
   &
60
65

```

GEFORDERTES PROGRAMM NC TOOL PATH LAUFEN LASSEN

```

IF(MACHINE_CONNECTED) THEN
    VORRICHTUNGEN IM AKTUELLEN DCS PRÜFEN
    IF(.NOT.TIP_IN_FIXTURE_OFFSET)
    THEN
        CALL FIXTURES INTO DCS(
            PROBE_LENGTH,
            FIXTURE_OFFSETS,
            ERROR)
    END IF
    IF(.NOT.ERROR) THEN
        CONTINUE
        CALL CIG_RUN_NC_PATH(PDQLEVEL+1,
            ERROR)
    END IF
    ELSE
        FORMAT(
            CALL FORWRITE(0,0,0)
            CALL WAITRESP(2)
        END IF
    ELSE IF(JOBLINE(1:4).EQ.'NC_F') THEN
        ANGEFORDERTE NC-DABEI ÜBERNEHMEN
        IF(MACHINE_CONNECTED) THEN
            PRÜFEN, OB VORRICHTUNGEN SICH IM AKTUELLEN
            DCS BEFINDEN
            IF(.NOT.TIP_IN_FIXTURE_OFFSET) THEN
                CALL FIXTURES INTO DCS(
                    PROBE_LENGTH,
                    FIXTURE_OFFSETS,
                    ERROR)
            END IF
            IF(.NOT.ERROR) THEN
                CONTINUE
                CALL CIG_RUN_NC_FILE(PDQLEVEL+1,
                    ERROR)
            END IF
            ELSE
                CALL FORWRITE(0,0,0)
                CALL WAITRESP(2)
            END IF
        ELSE IF(JOBLINE(1:2).EQ.'NO') THEN
            MASCHINE ZUM ANGEWIESENEN ORT BRINGEN
            IF(MACHINE_CONNECTED) THEN
                CALL JOB_MOVE_MACHINE(ERROR)
            ELSE

```

```

5      CALL FORWRITE(0,0,0)
      CALL WAITRESP(2)
      END IF

      ELSE IF(JOBLINE(1:1).EQ.'I') THEN

10         ANGEFORDERTEN PRÜFFPROZESS PRÜFEN

            IF(MACHINE CONNECTED) THEN
                IF(.NOT.DELETED MEASURED DATA) THEN
                    CALL DELMDATA(DUMMY,.TRUE.)
                END IF
                IF(.NOT.GOT FILES) THEN
                    CALL JUMPCOMON(1)
                    CALL ALPHAOFF
                    CONTINUE
                    CALL GETFILES(PDQLEVEL+1,.FALSE.,
20                        .TRUE.,FIRSTTIME,
                        ERROR,TERMITALL)
                    IF(ERROR.OR.TERMITALL) THEN
                        CLOSE (UNIT = MSUNIT)
                        CLOSE (UNIT = NCUNIT)
                    END IF
                END IF
                IF(.NOT.ERROR) THEN
                    CONTINUE
                    CALL CIG RUN INSPECTION(PDQLEVEL+1,
30                        CURRENT CLUSTER,
                        CLUSTER CALIBRATION TABLE,
                        FIXTURE OFFSETS,TIP,
                        PROBE LENGTH,
                        TIP IN FIXTURE OFFSET,
                        ERROR)
                END IF
            ELSE
                CALL FORWRITE(0,0,0)
                CALL WAITRESP(2)
                END IF
            ELSE IF(JOBLINE(1:2).EQ.'AN') THEN

45                ANALYSE DES TEILS DURCHFÜHREN

                    CONTINUE
                    CALL CIG PERFORM ANALYSIS(PDQLEVEL+1)
                ELSE IF(JOBLINE(1:2).EQ.'AT') THEN

50                    AN DIE ANGEGEBENE MASCHINE ANSCHALTEN

                        CONTINUE
                        CALL CIG CONNECT MACHINE(PDQLEVEL+1)
                    ELSE IF(JOBLINE(1:2).EQ.'CA') THEN

55                        KALIBRIEREN DES SONDENSATZES

                            C
                            C
                            C
60
65

```

```
IF(MACHINE_CONNECTED) THEN
  CALL JOB_CLUSTER_CALIBRATION(
    CURRENT_CLUSTER,
    CLUSTER_CALIBRATION_TABLE,
    FIXTURE_OFFSETS,TIP,
    PROBE_LENGTH,
    TIP_IN_FIXTURE_OFFSET,
    ERROR)
```

```
ELSE
  CALL FORWRITE(0,0,0)
  CALL WAITRESP(2)
END IF
```

```
ELSE IF(JOBLINE(1:2).EQ.'OR') THEN
```

TEIL AUF MASCHINE AUSRICHTEN

IF (MACHINE_CONNECTED) THEN

```
IF(.NOT.DELETED MEASURED DATA) THEN
  CALL DELMDATA(DUMMY,.TRUE.)
```

END IF

CONTINUE

CALL CIG ORIENT PROCESS(PDQLEVEL+1,
- - - - -)

CURRENT CLUSTER,
CLUSTER CALIBRATION TABLE,
FIXTURE OFFSETS, TIP,
PROBE LENGTH,
TIP IN FIXTURE OFFSET,
JOB DC5_PTR,
ERROR)

ELSE

```
CALL FORWRITE(0,0,0)
CALL WAITRESP(2)
```

END IF

```
ELSE IF(JOBLINE(1:2).EQ.'OP') THEN
```

PAUSE; AUF ZUSTIMMUNG DER BEDIENUNGSPERSON WARTEN

CONTINUE

CONTINUE
CALL CIG_PAUSE_FOR_OK(PDQLEVEL+1)

```
ELSE IF(JOBLINE(1:1).EQ.'V') THEN
```

ANSICHTEN ÄNDERN

CONTINUE

```

CONTINUE
CALL CIG_CHANGE_VIEWS(PDOLEVEL+1)

```

```
ELSE IF(JOBLINE(1:2).EQ.'RE') THEN
```

BILDSCHIRM ÄNDERN

```

13000
5      C      CONTINUE
        C      CALL CIG REPAINT SCREEN(PDQLEVEL+1)
        C      ELSE IF(JOBLINE(1:I).EQ.'U') THEN
        C      NIVEAULÖSUNG AUFHEBEN
14000
10     C      CONTINUE
        C      CALL CIG UNBLANK LEVEL(PDQLEVEL+1)
        C      ELSE IF(JOBLINE(1:I).EQ.'B') THEN
        C      NIVEAU LÖSCHEN
15     C      CONTINUE
        C      CALL CIG BLANK LEVEL(PDQLEVEL+1)
        C      ELSE IF(JOBLINE(I:1).EQ.'E') THEN
20     C      SITZUNG VERLASSEN
        C
        C      CONTINUE
        C      IF(DISPLAY JOB) THEN
25         C      CALL FORWRITE(0,0,0)
        C      CALL CWAIT(200)
        C      ELSE
        C      CALL CIG JOB EXIT(PDQLEVEL+1)
        C      END_OF_JOB=.TRUE.
30     C      END IF
        C      ELSE IF(JOBLINE(1:1).EQ.'P') THEN
        C      VORGEGEBENE ZEITDAUER PAUSIEREN
35     C      CONTINUE
        C      CALL CIG PAUSE(PDQLEVEL+1)
        C      ELSE IF(JOBLINE(1:4).EQ.'DISA') THEN
40     C      SONDE STILLSETZEN
        C
        C      IF(MACHINE CONNECTED) THEN
45         C      CONTINUE
        C      CALL CIG_DISARM_PROBE(PDQLEVEL)
        C      ELSE
        C      CALL FORWRITE(0,0,0)
        C      CALL WAITRESP(2)
50     C      END IF
        C      ELSE IF (JOBLINE(1:2).EQ.'MA') THEN
        C      HANDBETRIEB
55     C      IF(MACHINE CONNECTED) THEN
        C      CONTINUE
        C      CALL CIG MANUAL FIXTURE(PDQLEVEL+1,
60         C      -FIXTURE OFFSETS,TIP,
        C      PROBE LENGTH,
        C      ERROR)
        C
65

```

COORDINATEN ÄNDERN

WERKZEUGTABELLEN ÜBERNEHMEN

```
ELSE IF(JOBLINE(1:1).EQ.'S') THEN
```

KOMMANDO ERZEUGEN

BENUTZER HAT AUSGABEDATEI ANGEZEIGT

```
END IF
IF(ISTAT.EQ.CLIS NEGATED) THEN
  ELSE IF(ISTAT.EQ.261401) THEN
```

BENUTZER HAT AUSGABEDATEI ANGEGBEN

END IF

JOB ERZEUGEN; FALLS NOWAIT ANGEGEBEN; HAT
DIE AST-ABSCHLUSSROUTINE SPAWN_HANDLER AUFGERUFEN:

```

C
C
5      &
      &
C
C
C
10     C
      C
      C
      C
      C
15     C
      C
      C
      C
20     C
      C
      C
      C
25     20100
      C
      C
      C
      C
30     C
      C
      C
      C
35     C
      C
      C
      C
40     16100
      C
      C
      C
      C
45     C
      C
      C
      C
50     C
      C
      C
      C
55     C
      C
      C
      C

```

GETS CALLED
IF(INPUT_FILE.EQ.' '.AND.
OUTPUT_FILE.EQ.' ')
THEN
JOBERZEUGUNG OHNE EIN- ODER AUSGABEDATEI
ELSE IF(INPUT_FILE.EQ.' ') THEN
FALLS KEINE EINGABEDATEI, JOBERZEUGUNG
NUR MIT AUSGABEDATEI
ELSE
SONST EXISTIEREN BEIDE
END IF
IF(ISTAT.NE.SSS_NORMAL) THEN
ERZEUGUNG NICHT MÖGLICH - JOB ANHALTEN
FORMAT('Your sub-process could not/',
CALL LIB\$ESTABLISH(HANDLER)
CALL LIB\$SIGNAL(XVAL(ISTAT))
CALL LIB\$REVERT
CALL FORCERESP(0,0)
ELSE
EINE SEKUNDE WARTEN FÜR DEN ABSCHLUß EINES GEGEBENEN-
FALLS LAUFENDEN AUSGABEVORGANGS
CALL CWAIT(200)
END IF
ELSE
SOLLTE UNMÖGLICH SEIN
FORMAT('UNRECOGNIZED COMMAND IN JOB:',
CALL FORWRITE(0,0,0)
CALL WAITRESP(2)
END IF
END IF
END IF
END IF
IF(JOBSEVEREERROR) THEN
END IF
IF(KEYBOARD.OR.MENU) THEN
BEI TASTATUREINGABE AUF FEHLERFREIHEIT ZURÜCKSETZEN,
DAMIT ZUSÄTZLICHE BEFEHLE EINGEGEBEN WERDEN KÖNNEN

```

5      END IF
      IF(.NOT.ERROR) THEN
          CALL GETNEXTJOBLINE(END_OF_JOB,FIRSTCALL,ERROR)
      END IF
      IF(JOBNAME.EQ.'MENU'.AND.END OF JOB) THEN
          GOTO 1000 IGO BACK 1 MENÜ LEVEL
      END IF
10
      C
      C
      C
      PRÜFEN, DASS DER BENUTZER DCS NICHT ÄNDERN WOLLTE:
15
      IF(.NOT.ERROR.AND..NOT.END OF JOB) THEN
          IF(CHECK_DCS_PTR.NE.JOB_DCS_PTR) THEN
              C
              C
              C
              JOB-DCS WURDE WÄHREND DES LAUFS GEÄNDERT
20
              CALL CIG_ACTDCSPTR(JOB_DCS_PTR,ERROR)
              END IF
              END IF
25
      C
      END DO
      IF(MACHINE_CONNECTED)
          & THEN
30
          C
          C
          C
          ANGESCHLOSSENE MASCHINE ABTRENKEN
          IF(LASTMACHINE_TYPE.NE.0) THEN
35
          C
          C
          C
          DEA NUR ABTRENKEN; WENN KEINE FEHLER ERMITTELT WURDEN
          IF(LASTMACHINE_TYPE.EQ.DEA_MACHINE_TYPE.AND.
          & .NOT.ERROR) THEN
40
          & CALL DISCONNECTHACH(LASTMACHINE_TYPE,.TRUE.,
          & .TRUE.,0)
          END IF
          IF(LASTMACHINE_TYPE.NE.DEA_MACHINE_TYPE) THEN
45
          & CALL DISCONNECTHACH(LASTMACHINE_TYPE,.TRUE.,
          & .TRUE.,0)
          END IF
          END IF
          END IF
50
      C
      C
      C
      URSPRÜNGLICHER DCS VOR EINTRITT IN DIESE ROUTINE REAKTIVIEREN:
55
      IF(ORIG_DCS_PTR.NE.0) THEN
          CALL CIG_ACTDCSPTR(ORIG_DCS_PTR,ERROR)
          CALL CIG_DEL_ENT_PTR(1,JOB_DCS_PTR,ERROR)
      END IF
      END
60

```

65

Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen eines Werkstücks mit Abmessungs- und Toleranzvorgaben unter Verwendung eines Rechners, an den eine mehrdimensional bewegbare Positionsmessvorrichtung angeschlossen ist, um die Orte von baulichen Merkmalen des Werkstücks zu bestimmen, dadurch gekennzeichnet, dass man unter Verwendung der Abmessungs- und Toleranzvorgaben für das Werkstück ein mehrdimensionales Modell einer Prüfllehre erstellt, relativ zum Werkstück einen Prüfweg festlegt, der die Bewegung der Positionsmessvorrichtung definiert, die Positionsmessvorrichtung entlang des Prüfweges führt, ein mehrdimensionales Modell des Werkstücks unter Verwendung der an den Bauteilmerkmalen bestimmten Positionen erstellt, und das Modell der Prüfllehre mit dem Modell des Werkstücks vergleicht, um zu bestimmen, ob das Werkstück toleranzhaltig ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1 zum Prüfen eines Werkstücks mit Abmessungs- und Toleranzvorgaben entsprechend einer vorgegebenen Abmessungs- und Toleranzangabenorm, dadurch gekennzeichnet, dass man das Modell des Werkstücks einschliesslich seiner Abmessungs- und Toleranzvorgaben auf einer an den Rechner angeschlossenen Sichteinheit sichtbar darstellt und für die Sichtdarstellung die vorgegebene Toleranzangabenorm sowie die Werkstückabmessungen wählt, für die diese Norm gilt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 zum Prüfen eines Werkstücks mit Abmessungs- und Toleranzvorgaben entsprechend einer vorgegebenen Abmessungs- und Toleranzangabenorm, unter Verwendung eines Rechners, an den eine Sichteinheit angeschlossen ist, und eines dreidimensional bewegbaren Elements, das die Positionsmessvorrichtung trägt, wobei für die Darstellung auf der Sichteinheit die vorgegebene Toleranzangabenorm sowie die Werkstückabmessungen, für die diese Norm gilt, gewählt sind, dadurch gekennzeichnet, dass man Daten entsprechend einem dreidimensionalen Modell der Prüfllehre erzeugt, die der gewählten Toleranzangabenorm und den Werkstückabmessungen entsprechen, die Positionen der Werkstückmerkmale, die durch die gewählten Werkstückabmessungen verkörpert sind, misst, Daten entsprechend einem dreidimensionalen Modell der gemessenen Werkstückmerkmale erzeugt und mit Hilfe der erzeugten Daten verifiziert, ob das Modell der Prüfllehre zum Werkstückmodell passt.
4. Verfahren nach Anspruch 1 zum Prüfen von aus gepaarten Teilen bestehenden Werkstücken, dadurch gekennzeichnet, dass die Abmessungs- und Toleranzvorgabedaten für die gepaarten Teile des Werkstücks in einem Speicher gespeichert sind und dass man die die gepaarten Teile betreffenden Konstruktions- und Toleranzdaten aus dem Speicher abrufen, den Worst-Case-Toleranzzustand für einen Masskonflikt zwischen den gepaarten Teilen ermittelt und verifiziert, ob und gegebenenfalls wo ein Masskonflikt existiert.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Toleranzdaten Bezugsorte auf jedem der gepaarten Teile enthalten und dass bestimmt wird, ob die Bezugsvorgaben in den Toleranzdaten für die gepaarten Teile miteinander verträglich sind, und dass verifiziert wird, ob und gegebenenfalls wo eine solche Unverträglichkeit vorliegt.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man die Toleranzvorgaben vor ihrer Verwendung auf syntaktische Richtigkeit prüft, und, falls sie sich als fehlerhaft erweisen, syntaktisch korrigiert.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass man eine dreidimensionale Prüfllehre erstellt, die der gewählten Toleranzangabenorm und den Werkstückabmessungen entspricht, ein dreidimensionales Modell der gemessenen Werkstückmerkmale erstellt, das dreidimensionale Werkstückmodell mit der dreidimensionalen Prüfllehre ausrichtet und verifiziert, ob Prüfllehre und Werkstückmodell zusammenpassen.
8. Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Einrichtung, die unter Verwendung der Werkstückabmessungs- und Toleranzvorgaben das mehrdimensionale Modell der Prüfllehre erstellt, eine mehrdimensional bewegbare Positionsmessvorrichtung zum Bestimmen der Orte von baulichen Merkmalen auf dem Werkstück, eine Einrichtung zum Erzeugen des Prüfweges relativ zum Werkstück, der die Bewegung der Positionsmessvorrichtung festlegt, eine Einrichtung, welche die Positionsmessvorrichtung entlang des Prüfweges führen kann, eine Einrichtung zum Erstellen des mehrdimensionalen Modells des Werkstücks unter Verwendung der ermittelten Positionen der baulichen Merkmale desselben und eine Einrichtung, die das Modell der Prüfllehre mit dem Modell des Werkstücks vergleicht, um die Toleranzhaltigkeit des Werkstücks zu ermitteln.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8 mit Zugriff auf CAD-Konstruktionsdaten für das Werkstück, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Lesen der Abmessungen und Toleranzen aus den CAD-Daten für die zu prüfenden Werkstückmerkmale und dadurch, dass die Einrichtung zum Erstellen des Modells der Prüfllehre mathematisch ein dreidimensionales Modell erstellt, die Einrichtung zum Erstellen des Modells des Werkstücks mathematisch ein dreidimensionales Modell erstellt und die Einrichtung zum Vergleichen das dreidimensionale Modell des Werkstücks mit dem dreidimensionalen Modell der Prüfllehre vergleicht.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch einen Rechner, in den die CAD-Konstruktionsdaten für das Werkstück eingegeben werden können, eine an den Rechner angeschlossene Sichteinheit zur Sichtdarstellung der Modelle der Prüfllehre und des Werkstücks, eine an den Rechner angeschlossene Tastatur zur Auswahl der Abmessungs- und

Toleranzvorgaben auf dem dargestellten Modell des Werkstücks, aus denen das Modell der Prüfliehre beschreibende Daten abgeleitet werden, einen Positionsfühler, der an einem dreidimensional bewegbaren Element angebracht und an den Rechner angeschlossen ist, um die Positionen der geprüften Werkstückmerkmale und damit das Werkstückmodell beschreibende Daten zu ermitteln, und eine Einrichtung, um das bewegbare Element in drei Dimensionen zu bewegen, die an den Rechner so angeschlossen ist, dass der Prüfweg um das Werkstück beschrieben werden kann, wobei die Modelle der Prüfliehre und des Werkstücks visuell auf der Sichteinheit und mathematisch vom Rechner miteinander verglichen werden, um die Toleranzhaltigkeit des Werkstücks zu bestimmen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8 zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine an den Rechner angeschlossene Sichteinheit mit einer zur Sichtdarstellung geeigneten Bildfläche, eine Einrichtung, die ein Modell für die Konstruktionsdaten des Werkstücks und einen Prüfweg um das Werkstückmodell für die vorbestimmten Werkstückmerkmale gleichzeitig sichtbar darstellen kann, und eine Einrichtung, mittels welcher der Prüfweg auf der Bildfläche wahlweise geändert werden kann.

12. Vorrichtung nach Anspruch 8 zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 2 mit einer an den Rechner angeschlossenen Sichteinheit, die eine zur Sichtdarstellung geeignete Bildfläche aufweist, gekennzeichnet durch eine Einrichtung, die ein Modell der gemessenen Werkstückmerkmale und gleichzeitig ein Modell der Prüfliehre sichtbar darstellen kann, die aus den die vorbestimmten Werkstückmerkmale betreffenden CAD-Konstruktionsdaten bzw. aus den Toleranzdaten erstellt worden sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Einrichtung Mittel aufweist, die es ermöglichen, dass auf der Bildfläche gleichzeitig auch Prüfergebnisse dargestellt werden können.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Mittel es zusätzlich ermöglichen, dass auf der Bildfläche auch eine statistische Analyse der Prüfergebnisse dargestellt werden kann.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch eine Einrichtung, die aufgrund der Prüfergebnisse Anweisungen hinsichtlich einer Nacharbeitbarkeit liefert.

16. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Einrichtung zur gleichzeitigen Darstellung der genannten beiden Modelle Mittel umfasst, die es ermöglichen, die genannten Modelle in unterscheidbaren Farben darzustellen.

FIG. 1

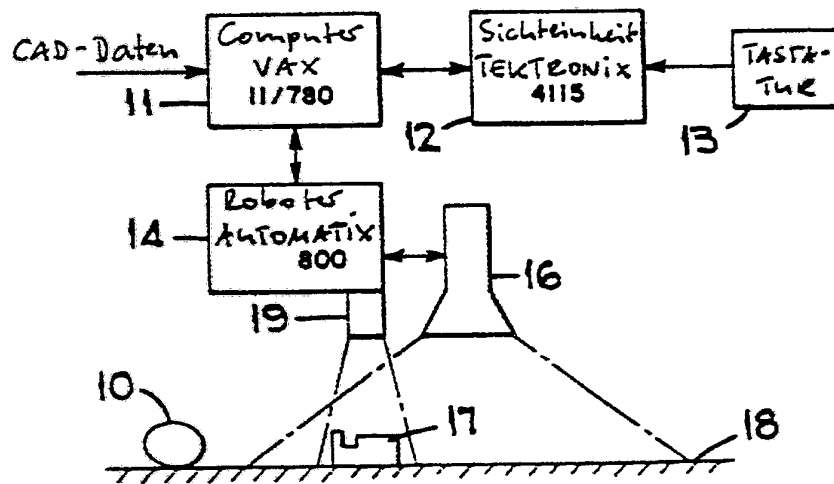


FIG. 2

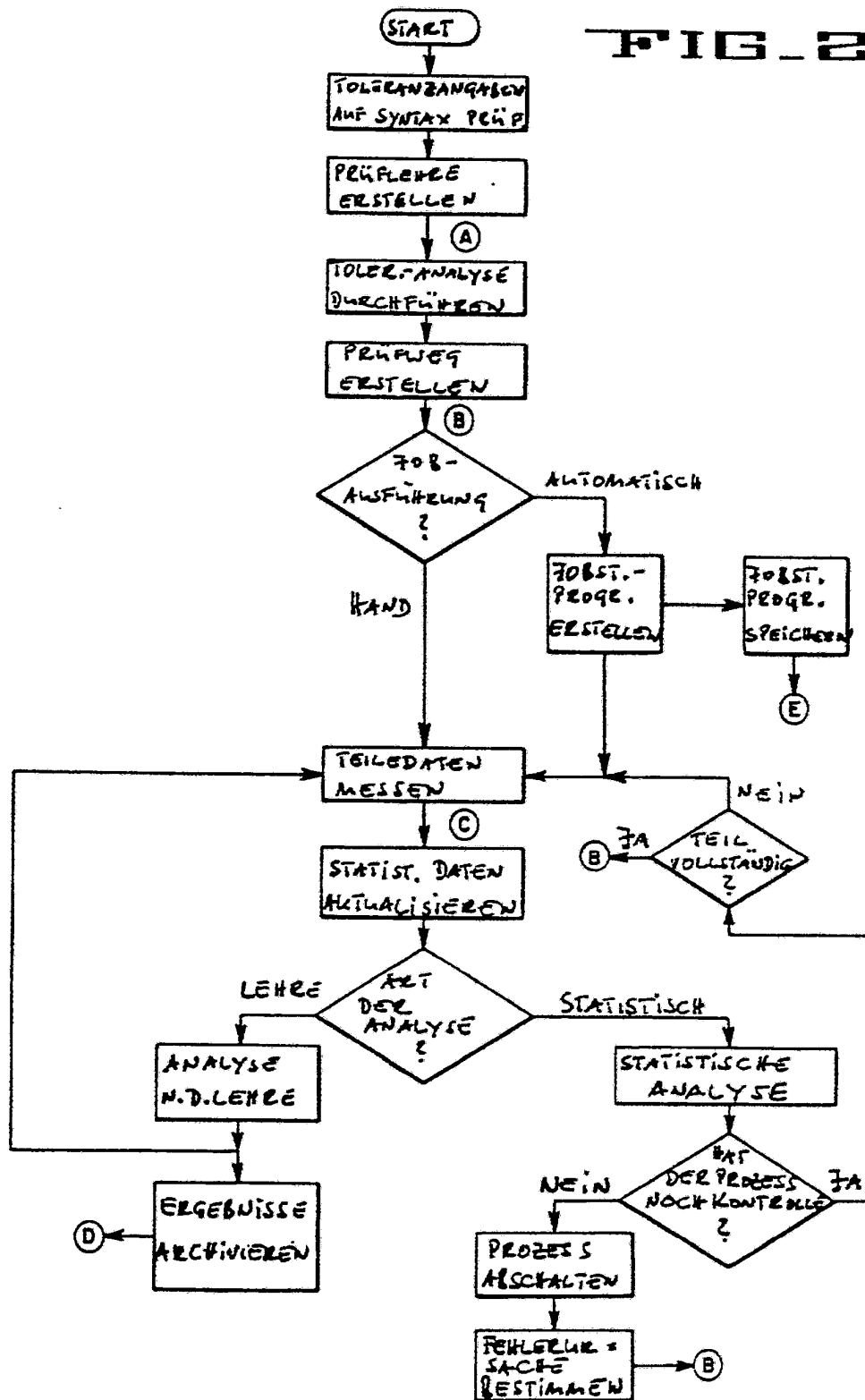


FIG. 3

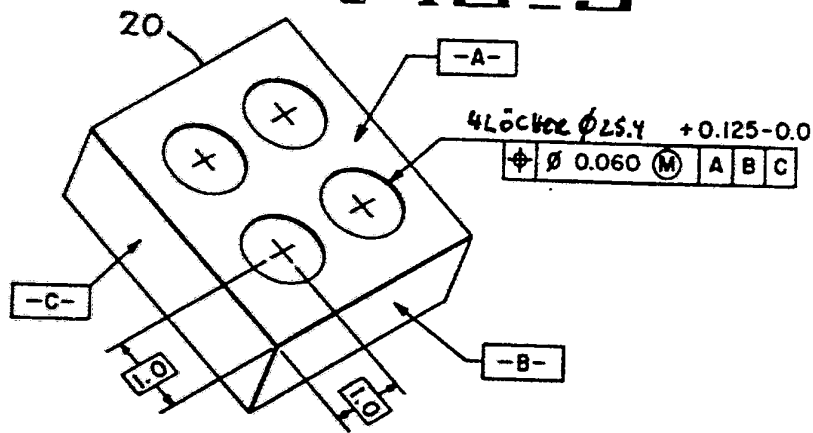


FIG. 4

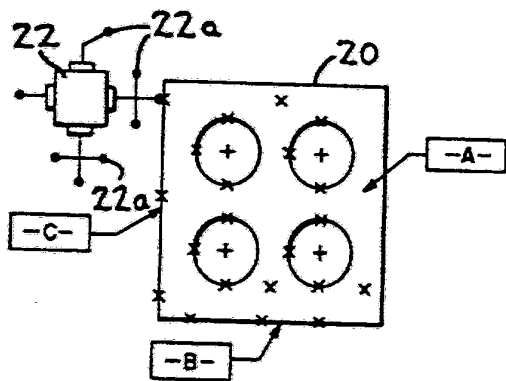
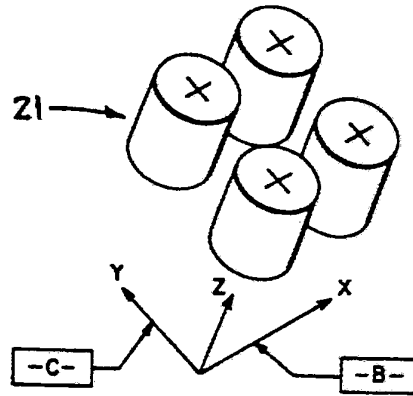


FIG. 5

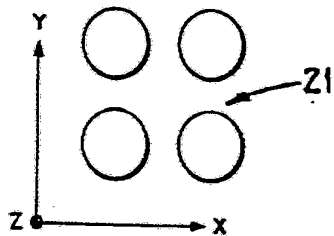


FIG. 6A

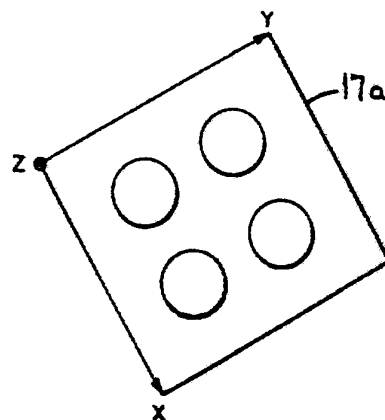


FIG. 6B

FIG. 7

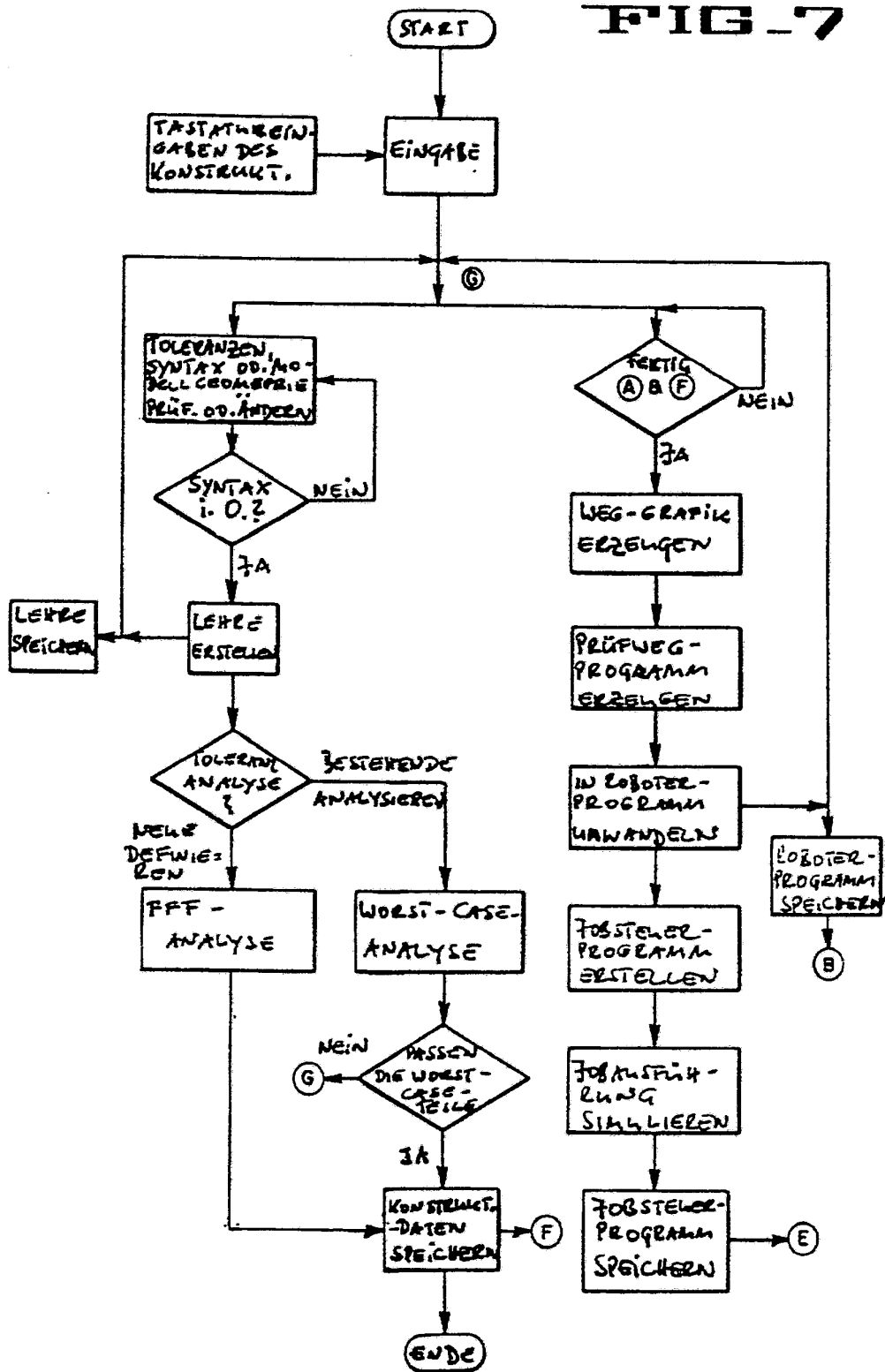


FIG. 8

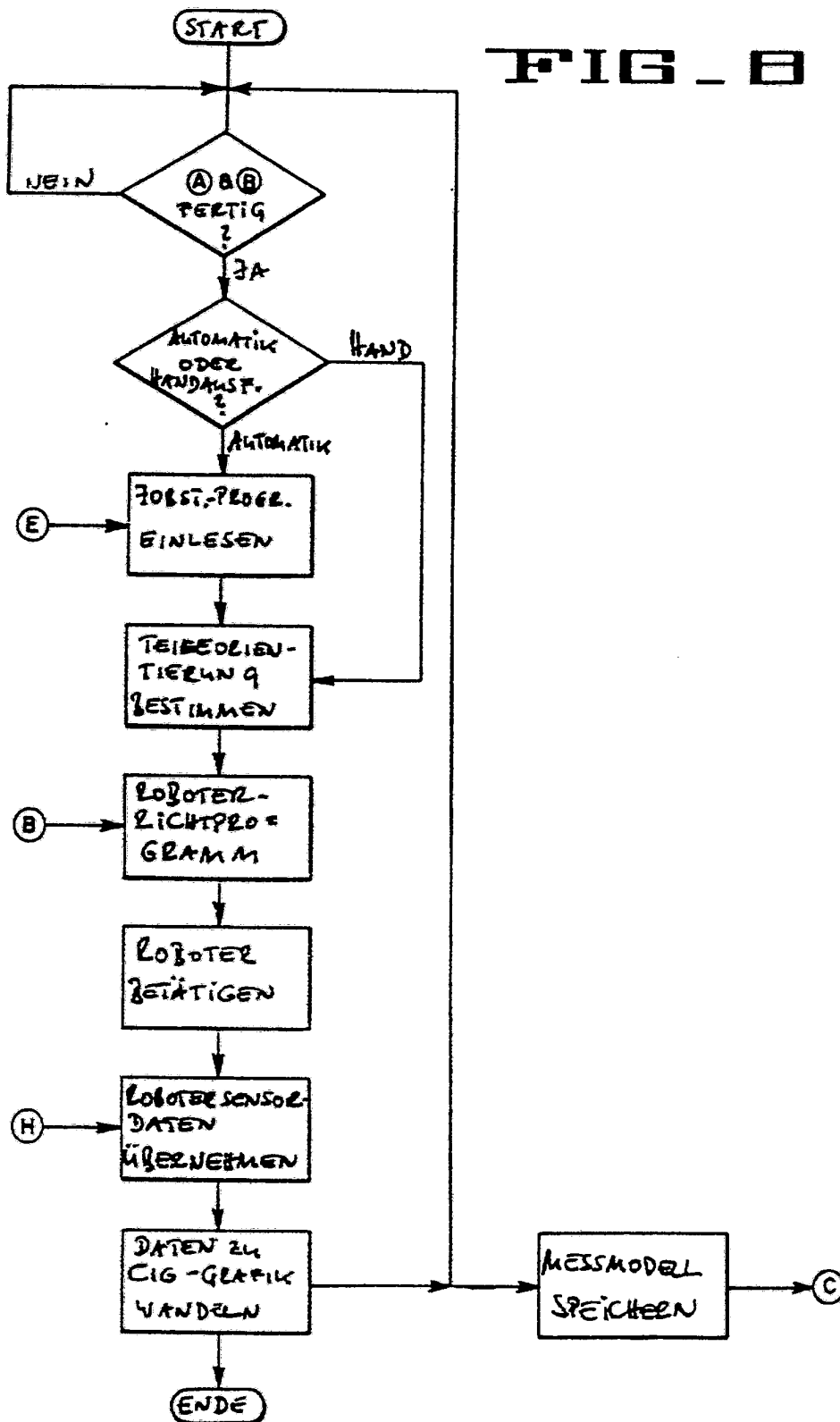
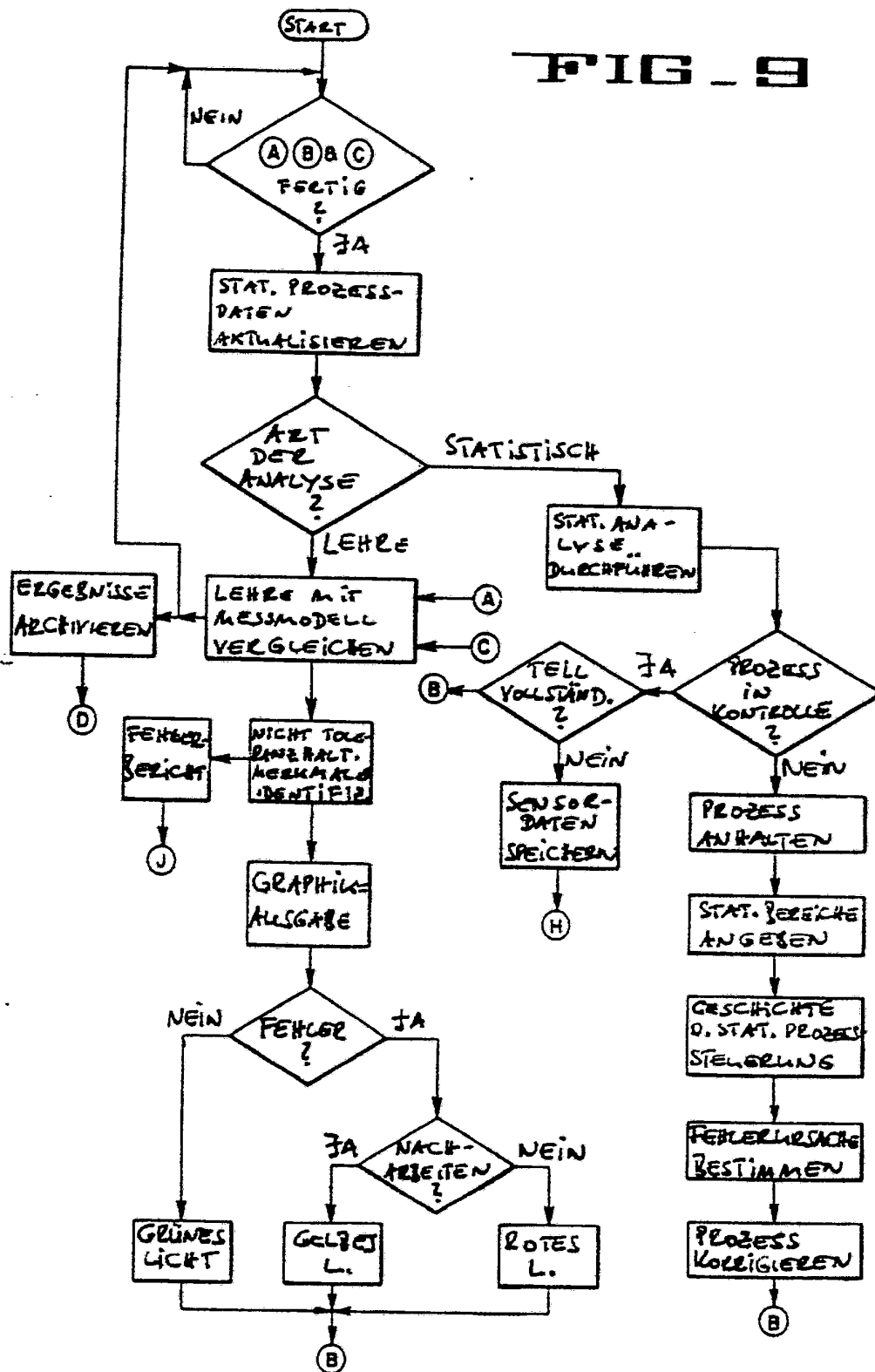


FIG. 9



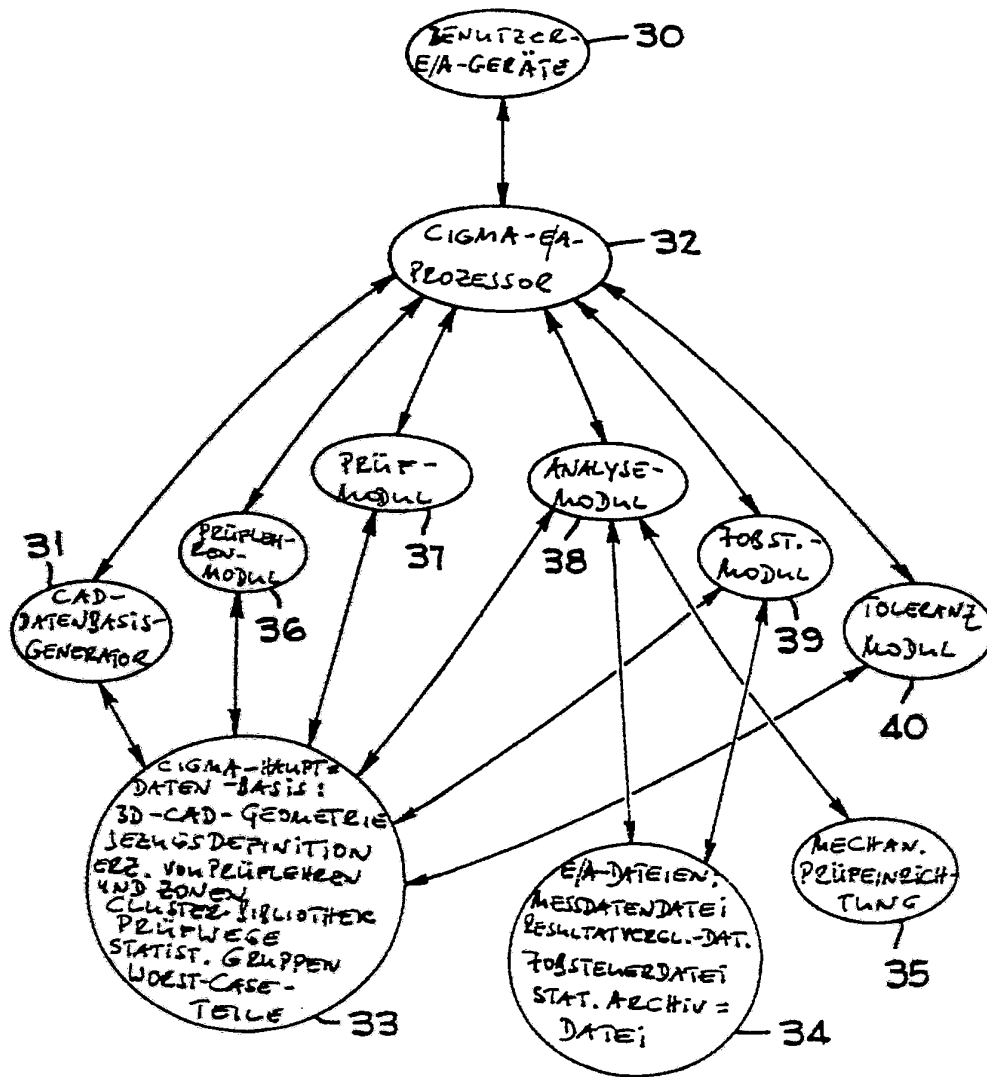


FIG. 10

FIG. 11

FÜR EINZEL- MERKMALE	TOLERANZ- ART	EIGENSCHAFT	SYMBOL
	FORM	GRADHEIT	—
		FLACHHEIT	◻
		RUNDHEIT	○
		ZYLINDRIZITÄT	⊘
FÜR EINZELNE OD. VERWANDTE MERKMALE	PROFIL	LINIENPROFIL	⌒
		FLÄCHENPROFIL	◡
FÜR VERWANDTE MERKMALE	ORIENTIE- RUNG	WINKLIGKEIT	<
		RECHTWINKLIGKEIT	⊥
		PARALLELITÄT	//
	ORT	POSITION	⊕
		KONZENTRIZITÄT	⊙
	AUSLAUF	ZIRK. AUSLAUF	↗
		GESAMTAUSLAUF	↘

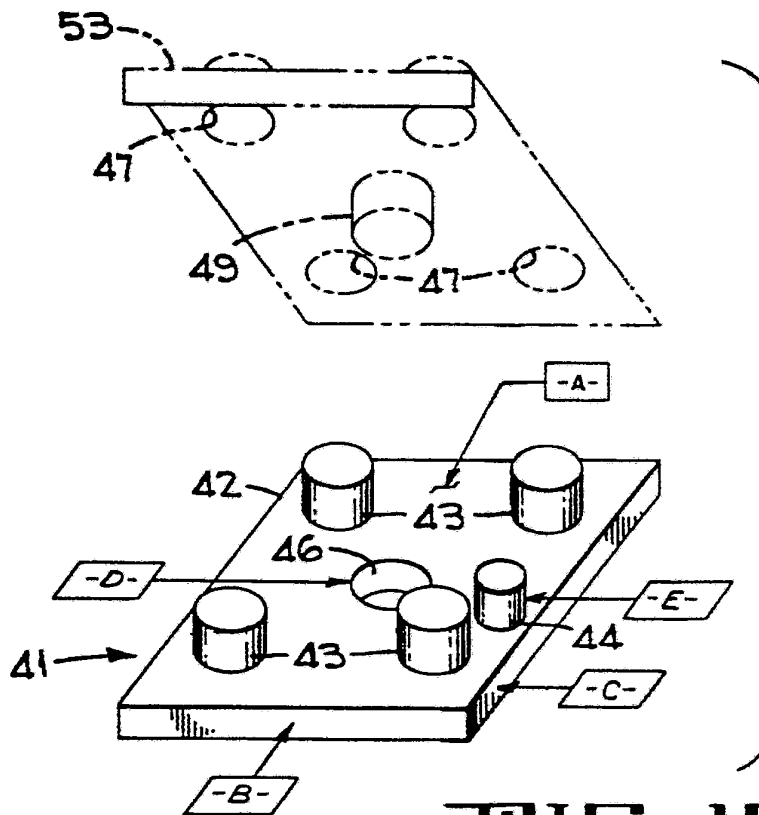
**FIG. 12**

FIG - 13A

PRIMÄRBEZUG: EBENE

PRIMÄRBEZUG: EBENE	OHNE a	EBENE b	LOCK/ANSATZ BEI MMC c	LOCK/ANSATZ BEI RFS d
Ohne e				
EBENE f				
LOCK/ANSATZ BEI MMC g				
LOCK/ANSATZ BEI RFS h				

FIG. 13B

primäre Bezug : LOCK/ANSATZ bei MMC

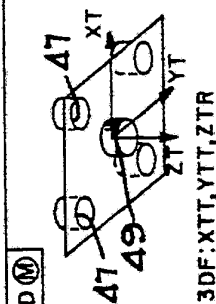
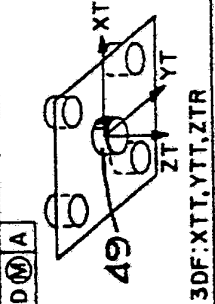
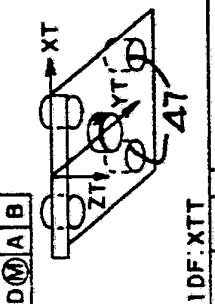
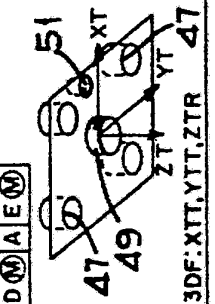
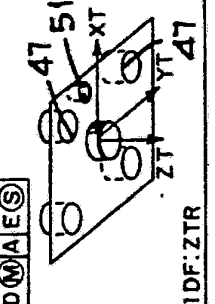
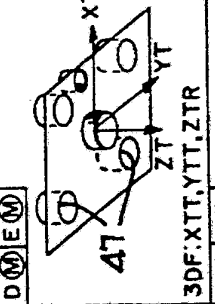
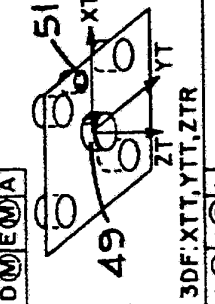
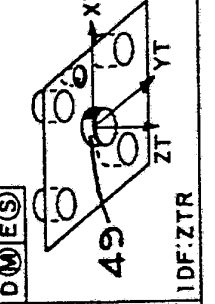
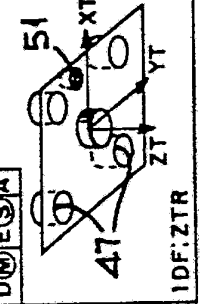
tertiäre Sekundäre Bezug	OHNE a	Ebene b	LOCK/ANSATZ bei MMC c	LOCK/ANSATZ bei RFS d
OHNE e				
Ebene f				
LOCK/ANSATZ bei MMC g				
LOCK/ANSATZ bei RFS h				

FIG - 13C

PRIMÄRBEZUG I LOCK/ANSATZ BEI RFS

PRIMÄRBEZUG I SEKUNDÄRBEZUG	OHNE a	EBENE b	LOCK/ANSATZ BEI MMC c	LOCK/ANSATZ BEI RFS d
OHNE e	DS A IDF: ZTR			
EBENE f	DS A IDF: ZTR	DS A B IDF: OHNE BEWEGUNG	DS A E IDF: ZTR	DS A E IDF: OHNE BEWEGUNG
LOCK/ANSATZ BEI MMC g	DS E IDF: ZTR	DS E A IDF: ZTR		
LOCK/ ANSATZ BEI RFS h	DS E IDF: ZTR	DS E A IDF: OHNE BEWEGUNG		

