

Bachelorarbeit

Thema:

‘Erstellung eines Konzeptes für eine Fertigungseinrichtung zur Realisierung von Teilverbindungen mittels Fügen durch Umformen (Lösungsvariante Nieten)’

vorgelegt bei

Betreuer:

Prof. Dr. -Ing. Rolf Kademann; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW

Dipl. -Ing. (FH) Thomas Kirchhofer; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW

Hochschule Merseburg

Autor: Zesheng Liu

Matrikelnummer: 25873

Studiengang: Mechatronik/ Maschinenbau (B.Eng.)

Fachbereich: Ingenieur- und Naturwissenschaften

Ort: Hochschule Merseburg

Hochschule Merseburg

Fachbereich Ingenieur und Naturwissenschaften

Aufgabenstellung für die Bachelorarbeit von Herrn Zesheng Liu (25873)

Thema: Erstellung eines Konzeptes für eine Fertigungseinrichtung zur Realisierung von Teileverbindungen mittels Fügen durch Umformen (Lösungsvariante Nieten)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Rolf Kademann; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW
Dipl.-Ing. (FH) Thomas Kirchhofer; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW

Aufgabenstellung:

Zunehmend gewinnt die Automatisierung in mannigfaltiger Form in der Produktionstechnik an Bedeutung, so dass es bei der Auslegung der einzusetzenden Fertigungstechnik eine Vielzahl an technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen zu beachten gilt.

Im Rahmen der Bachelorarbeit sind, gemäß der o. g. Themenstellung, das Maschinenkonzept zu konzipieren, deren Struktur darzustellen sowie dazugehörige maschinenbautechnische und organisatorische Besonderheiten aufzuzeigen und deren Einbindung in den Prozessablauf zu analysieren.

Hinweise zur Lösung der Aufgabenstellung

1. Analyse des gegenwärtigen Standes der Fertigungslösungen durch Nieten (Umformen durch Fügen) unter Beachtung der Prozessabläufe, der einsetzbaren Materialien, Werkzeuge und der möglichen Anlagentechniken sowie erforderlichen Hilfseinrichtungen
2. Dokumentation der vorhandenen Lösungen für die o. g. technischen Einrichtungen in derartigen Prozessen
3. Auslegung und Bewertung von allgemeinen Lösungsvarianten für das Koppeln der genannten Fertigungsverfahren
4. Beschreibung einer möglichen Lösung an einem selbst gewählten Beispielteil (mit Begründung)
5. Darstellung des Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen Materialfluss (Ausgangsteil, Fertigteil, Werkzeuge), Transport und Handhabung sowie Ver- und Entsorgung der einzelnen Elemente für die Vorzugsvariante gemäß Abschnitt 4

Anzahl der Exemplare: 2 (zuzüglich 1 Exemplar in digitaler Form)

Prof. Dr.-Ing. M. Staiger
Vorsitzender des Prüfungsausschusses
des Studiengang MMP

Prof. Dr.-Ing. R. Kademann
Themenstellender Hochschullehrer

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Zesheng Liu, die vorliegende Arbeit selbstständig und unter ausschließlicher Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel erstellt zu haben.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Hannover

21.09.2021

Ort, Datum

Unterschrift

Inhaltverzeichnis

1. Einleitung	
1.1 Thema.....	1
1.2 Aufgabestellung.....	1
<u>Hinweise zur Lösung der Aufgabenstellung</u>	1
2. Nieten	
2.1 Forschungshintergrund.....	3
2.2 Einsatz von Industrierobotern in der Flugzeugschweißmontage.....	6
2.3 Forschungsbedeutung.....	8
2.4 Forschungsstatus.....	10
2.4.1 Wandplatten-Niettechnik.....	11
2.4.2 Vernietung des Wandpaneels.....	18
2.4.3 Kontrolle und Optimierung der Nietverformung des Wandpaneels.....	24
2.4.4 Verbleibende Probleme.....	26
3 .Mechanische Analyse des Einzelnagelnietprozesses	
3.1 Einführung.....	28
3.2 Analyse des Seitenwandnietprozesses.....	28
3.3 Mechanische Analyse des Einzelnagelnietprozesses.....	30
3.3.1 Analyse der elastoplastischen Verformungsmechanik des Nagelstabes....	31
3.3.2 Analytische Berechnung der elastoplastischen Verformung von Nagellöchern.....	33
3.3.3 Stoffstromanalyse.....	34
3.4 Der Einfluss des Materials des verbundenen Teils auf die Verformung.....	35
4 Nietdeformation des Wandpaneels	
4.1 Einführung.....	36
4.2 Spannungsanalyse des Mehrnagelnietprozesses	
4.2.1 Analyse des Mehrnagelnietprozesses.....	37
4.2.2 Spannungsübertragung beim Mehrnagelnieten.....	38
4.3 Kraftanalyse der Nietbaugruppe.....	38
4.4 Nietverformung mit mehreren Nägeln.....	40
5 Nietausrüstung und automatisches Bohr- und Nietsystem	
5.1 Nietgeräte.....	42
5.1.1 Zangentyp.....	42
5.1.2 CNC-Servotyp.....	43
5.2 Automatisches Bohren und Nieten in Zusammenarbeit mit Doppelrobotern....	44
5.2.1 Systemaufbau.....	44
5.2.2 Anwendungsobjekt.....	46
5.2.3 Arbeitsablauf von Tragflügelkomponenten.....	48
6 Zusammenfassung	49
7 Quellenangaben	51

1. Einleitung

1.1 Thema

Erstellung eines Konzeptes für eine Fertigungseinrichtung zur Realisierung von Teileverbindungen mittels Fügen durch Umformen (Lösungsvariante Nieten)

1.2 Aufgabestellung

Zunehmend gewinnt die Automatisierung in mannigfaltiger Form in der Produktionstechnik an Bedeutung, so dass es bei der Auslegung der einzusetzenden Fertigungstechnik eine Vielzahl an technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen zu beachten gilt.

Im Rahmen der Bachelorarbeit sind, gemäß der o. g. Themenstellung, das Maschinenkonzept zu konzipieren, deren Struktur darzustellen sowie dazugehörige maschinenbautechnische und organisatorische Besonderheiten aufzuzeigen und deren Einbindung in den Prozessablauf zu analysieren.

Hinweise zur Lösung der Aufgabenstellung

1. Analyse des gegenwärtigen Standes der Fertigungslösungen durch Nieten (Umformen durch Fügen) unter Beachtung der Prozessabläufe, der einsetzbaren Materialien, Werkzeuge und der möglichen Anlagentechniken sowie erforderlichen Hilfseinrichtungen
2. Dokumentation der vorhandenen Lösungen für die o. g. technischen Einrichtungen in derartigen Prozessen
3. Auslegung und Bewertung von allgemeinen Lösungsvarianten für das Koppeln der genannten Fertigungsverfahren
4. Beschreibung einer möglichen Lösung an einem selbst gewählten Beispielteil (mit Begründung)

Darstellung des Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen Materialfluss (Ausgangsteil, Fertigteil, Werkzeuge), Transport und Handhabung sowie Ver- und Entsorgung der einzelnen Elemente für die Vorzugsvariante gemäß Abschnitt 4

2. Nieten

Nieten (englischer Name riveting) bezieht sich auf Nietverbindung. Es ist ein mechanisches Vokabular. Es ist eine Methode, bei der die Nagelstange im Nietloch eines Teils mit axialer Kraft verdickt und ein Nagelkopf gebildet wird, um mehrere Teile zu verbinden.

Die Flugzeugverkleidung ist die wichtigste Komponente, die die aerodynamische Struktur des Flugzeugs ausmacht. Ihre Montagegenauigkeit wirkt sich direkt auf die aerodynamische Leistung des Flugzeugs aus. Der Schlüssel und die Schwierigkeit der Bohr- und Nietmontage von Seitenverkleidungen liegt in der Planung der Nietprozessparameter und der Vorhersage von Nietendeformation.

Die bisherige Forschung konzentrierte sich hauptsächlich auf die Verformungsanalyse des Nietes selbst und des umgebenden Nietlochs, während die Analyse und Vorhersage des Einflusses des Nietens auf die Gesamtverformung des Wandpaneels weniger waren und eine eingehende Diskussion fehlte zum Zusammenhang zwischen Prozessparametern und Wandpaneelverformung.

Mit der kontinuierlichen Verbesserung der Anforderungen an die Montagegenauigkeit neuer Tarnkappenflugzeuge werden objektiv höhere Anforderungen an die Montagegenauigkeit von Wandpaneelen gestellt, aber traditionelle Analysemethoden haben gewisse Einschränkungen.

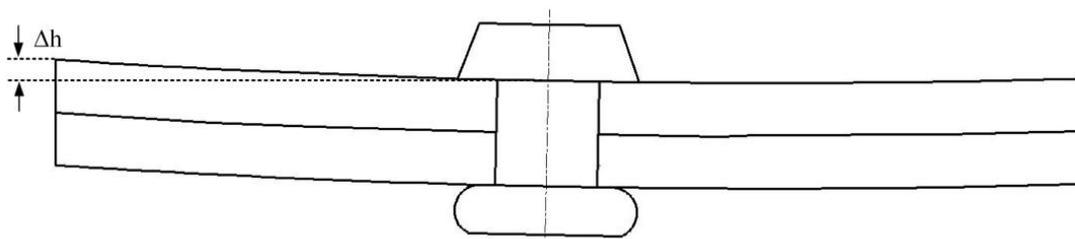
In diesem Beitrag wird die Wandplatte unter Berücksichtigung der lokalen und Gesamtverformung als Forschungsgegenstand betrachtet. Durch die Studie wird der Mechanismus der Nietverformung erklärt, die Nietverformung der Wandplatte vorhergesagt, die Nietprozessparameter optimiert, die Nietmontagegenauigkeit verbessert, und die entsprechenden Analysemethoden und Berechnungsmodelle werden vorgeschlagen und konstruiert, um sicherzustellen, dass die Nietmontagegenauigkeit typischer dünnwandiger Strukturteile von Wandplatten theoretische Grundlagen und Methoden bietet.

2.1 Forschungshintergrund

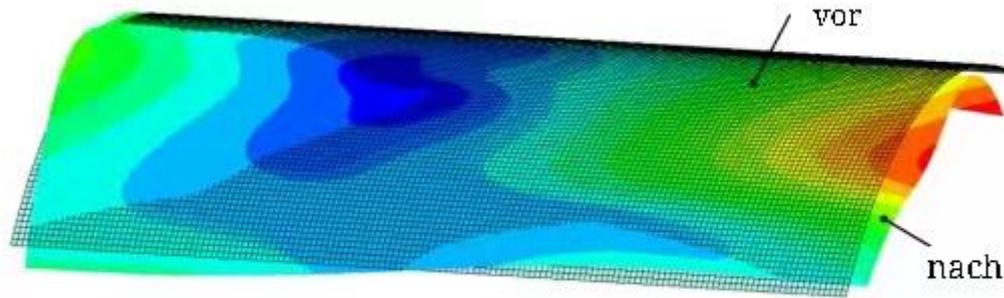
Nieten stellt die am weitesten verbreitete Verbindungsmethode in der Flugzeugmontage dar. Laut Statistik hat jedes B747-Flugzeug 2 Millionen Nieten und jedes A340-Flugzeug 900.000 Nieten. Die Hauptverbindungsform des Il-86-Körpers stellt auch das Nieten dar. Die gesamte Maschine verwendet 1,48 Millionen Nieten, davon 58,8 % gewöhnliche Nieten, 30,8% Kopfnieten, 0,5% kopflose Nieten und Einzelnieten. auf seitliche Nieten entfallen 1,5 %, auf Ringnutnieten 8,4 %. Aufgrund der großen Anzahl von Nieten, die in Flugzeugen verwendet werden, machen die Arbeitsstunden der Nietmontage etwa 30%-35% der gesamten Arbeitsstunden für die Herstellung des Flugzeugkörpers (Helikopter) aus.^[1]Daher nimmt das Nieten einen wichtigen Platz in der Flugzeugmontage ein .

Die Luftfahrtindustrie stellt einen typischen wissens- und technologieintensiven Bereich dar. Luftfahrtprodukte sind hoch entwickelt und ihre Herstellungsprozesse sind umfassend, die einen konzentrierten Ausdruck der nationalen Industriebasis darstellen. Die Luftfahrtindustrie hat einen tiefen militärisch-zivilen Hintergrund und eine enge Verflechtung. Der Aufbau einer eigenen Luftfahrtindustrie ist ein Schlüsselbereich, um die innere Sicherheit zu gewährleisten und die Modernisierung der Fertigungstechnologie voranzutreiben. Gegenwärtig ist die Luftfahrtindustrie in eine Phase der schnellen Entwicklung eingetreten, und die Forschung und Produktion neuer Modelle schreitet weiter voran, und auch die technologische Aufrüstung von Luftfahrtsherstellern wird durchgeführt.

Wie in Abbildung 2-1(a) gezeigt, neigt die Wand aufgrund der ungleichmäßigen Ausdehnung des Nagelstabs entlang der Wanddicke während des Nietvorgangs und des Zusammendrückens der Wand während des Stauchvorgangs zu einer lokalen Vertiefung an der ; Gleichzeitig haben auch die Wahl der Nietprozessparameter und die Materialeigenschaften der Verbinder einen gewissen Einfluss auf die Verformung der Wandplatte. Die kumulative Verstärkung der lokalen Verformung führt dazu, dass sich die Wandplatte während der Montageprozess, wie in Abbildung 2-1 (b) gezeigt. Daher spielen die Entwicklung der Verformungsvorhersage während des Nietmontageprozesses von Flugzeugwandpaneelen und die Unterdrückung der Montageverformung durch Prozessoptimierung eine wichtige Rolle bei der Verbesserung der Genauigkeit der Flugzeugmontage.



(a) Lokale Verformung durch Nieten



(b) Biegung und Verformung durch Nieten

Abbildung 2-1 Schematische Darstellung der Nietverformung des Wandpaneels

Da das Flugzeug mit hoher Geschwindigkeit in der Luft fliegt, stellt das Flugzeug strenge Anforderungen an die Form des Körpers, die nicht nur den Prinzipien der Aerodynamik, sondern auch den Anforderungen der Formgenauigkeit entspricht. Der umfangreiche Einsatz typischer dünnwandiger Strukturen wie Wandpaneelen im Flugzeugbau kann jedoch leicht zu Problemen wie Formfehlern aufgrund von Montageverformungen und -spannungen, Schwierigkeiten bei Montage- und Verbindungsvorgängen, Komponentenverformungen und Spannungsanalysen und -bewertungen führen. Flugzeugwandpaneelen werden während des Montageprozesses leicht verformt, und die Größen- und Formänderungen sind unterschiedlich, was dazu führt, dass die endgültige geometrische Größe des Produkts die Konstruktionsanforderungen nicht erfüllt. Prozess stellt das Hauptproblem in der aktuellen Montage dar. Laut Statistik werden 65-70% der Designänderungen durch nicht genaue Vorhersage der Form und geometrischen Abmessungen des Produkts verursacht. Die Änderung der Produktgeometrie wirkt sich direkt auf die Formgenauigkeit des Produkts aus, verringert die Genauigkeit der Montagekoordination und ist für den nachfolgenden Montageprozess nicht förderlich. Um die Stabilität und Beständigkeit der Nietqualität von Wandpaneelen zu verbessern

und den Arbeitsaufwand für den Niet- und Montagezyklus zu reduzieren, wurde der Anwendungsbereich von Automatisierungsgeräten nach und nach erweitert, wie zum Beispiel automatische Bohr- und Nietsysteme für Wandpaneele, einschließlich der Firma GEMCOR in den USA, das Unternehmen BROETJE in Deutschland und ELECTROIMPACT in den Vereinigten Staaten. EI) und das italienische Unternehmen B&C (BISUACH & CARRU) sind die Hauptlieferanten von Bohr- und Nietausrüstungen. Sie haben automatische Bohr- und Nietsysteme für die Montage verschiedener Teile des Flugzeugs entwickelt, die in C/D-Bohr- und Nietsysteme und Portalbohr- und Nietsysteme unterteilt werden können. System und Roboter-Lochherstellungs-/Nietsystem, wie in Abbildung 2-2 gezeigt. Die statistischen Ergebnisse zeigen, dass 4 Nägel pro Minute manuell gebohrt und genietet werden können und die automatische Bohr- und Nietausrüstung 20 erreichen kann und die Geschwindigkeit um das 5-fache erhöht wurde; die Höhenabweichung des durch das Bohren und Nieten gebildeten Kopfes System nach dem Nieten ca. $\pm 0,05$ mm, und dem Handnieten Die Abweichung danach beträgt $\pm 0,5$ mm Es ist ersichtlich, dass die Einbaugenauigkeit der Bohr- und Nietgeräte das 10-fache der Handarbeit beträgt.^[2] Das automatische Bohr- und Nietsystem hat die Montagequalität und Effizienz des Flugzeugs erheblich verbessert und die schnelle Entwicklung der Luftfahrt-Niettechnologie meines Landes gefördert, aber auch neue Probleme mit sich gebracht, wie zum Beispiel die ursprünglichen empirischen Daten und Prozessparameter sind nicht mehr anwendbar und Anhäufung von Fehlern, die durch inkonsistente Montagedaten in Montage- und Montagephasen, Nietwegplanung und Verformungsunterdrückung durch inkrementelles Nieten usw. verursacht werden. Daher ist es sehr wichtig, die Verformungsvorhersage der Wandplatte im automatischen Bohr- und Nietprozess zu entwickeln, um die Montageverformung einzudämmen.



(a) GEMCOR G21

Bohr und Nietsystem für Rumpfpaneele



(b) EI Company E4000

Tragflächenbohr und Nietsystem



(C) Firma BROETJE

MPAC Bohr- und Nietsystem



(D) B&C-Unternehmen

Roboter-Lochherstellungssystem

Abbildung 2-2 Automatisches Bohr- und Nietsystem für Wandpaneele

2.2 Einsatz von Industrierobotern in der Flugzeugschweißmontage

Ein Industrieroboter ist eine Art Arbeitsmaschine, die automatisch positioniert, umprogrammiert, multifunktional und mit mehreren Freiheitsgraden ausgestattet werden kann. In industriellen Anwendungen wird er oft als Manipulator bezeichnet. Der Roboter kann eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgaben erfüllen und kann auch alle anderen Aufgaben, die er ausführen kann, schnell nach dem Programm anpassen. Er ist in der Lage, sich an die Umgebung anzupassen und kann sich selbst anpassen, wenn er Aufgaben ändern muss.

Aufgrund der Vorteile der hohen Flexibilität haben sich in den letzten Jahren Industrieroboter in der Fertigungsindustrie immer mehr durchgesetzt und eignen sich besonders für Arbeitseinsätze mit hoher Wiederholungszahl, hoher Arbeitsintensität

und rauen Umgebungen. Mit der Entwicklung der digitalen flexiblen Fertigungstechnologie wurden Tandemroboter stärker integriert und in automatisierten Fertigungsmontagesystemen eingesetzt, aber sie werden hauptsächlich zum Handhaben, Schweißen, Spritzen usw. mit relativ geringen Arbeitsanforderungen verwendet.

Gegenwärtig ist die Anwendung der Roboterlochherstellung im Flugzeugherstellungsprozess relativ ausgereift. F-16-Verbundleitwerksplatten verwenden Cincinnati, Mircon T3-Roboter zum Bohren, C-130-Flugzeugträgerstege verwenden Roboter zur automatischen Lochherstellung und Roxy Die oberen Wandpaneele des Faser-Epoxid-Verbundtragflügels des Flugzeugs De Martin F-35 werden von Robotern automatisch gebohrt. Avcorp Industries und Dassault Aviation haben gemeinsam ein automatisiertes Montagesystem für Flugzeugstrukturen auf Basis von Industrierobotern entwickelt. Der KUKA Roboter in Abbildung 2-3 führt Montagearbeiten am Rumpf durch.

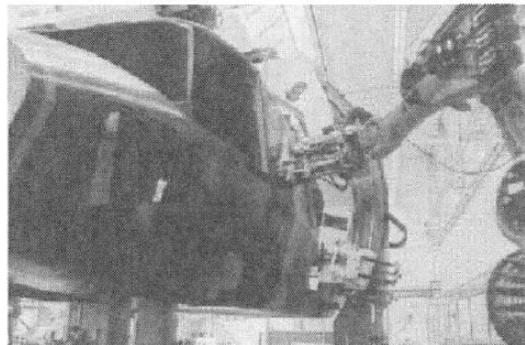


Abbildung 2-3 KUKA Roboter montiert am Rumpf

Das Unternehmen BROTJE-AUTOMATION bietet hauptsächlich Terminalaktuatoren und leichte Roboterautomatisierung für IPAC-, MPAC-, C-Frame-Bohr- und Nietgeräte an. Das Unternehmen verfügt derzeit über ein RACa-System, das hauptsächlich durch den Austausch des Terminals durch zwei koordinierte Roboter KUKA KR (6 AXIS) Das Gerät vervollständigt das Bohren, Nieten und Montieren von selbstsichernden Schrauben und Unterlegscheiben. Das System verfügt über Temperatur- und dynamische Lastkompensationsfunktionen. Zu den Endaktuatoren gehören eine Bohreinheit, eine Befestigungseinheit und eine Dichtungseinbaueinheit sowie eine Speicherbibliothek für Endaktuatoren. Elastische Teleskopsäule) um die Positionierung von Montageobjekten zu realisieren.

2.3 Forschungsbedeutung

Das neue Flugmodell stellt höhere Anforderungen an Flugzeit, Anzahl der Starts und Landungen, Reisegeschwindigkeit und Stealth-Performance. Objektiv gesehen muss die Montagegenauigkeit des gesamten Flugzeugs weiter verbessert werden. Ein zentrales Thema ist die Kontrolle der Flugzeugabmessungen Dies ist auch ein wichtiger Teil der Entwicklung von Flugzeugen der nächsten Generation ^[3]. Im eigentlichen Montageprozess haben die Handwerker erkannt, dass Montageverformungen üblich sind, aber es beruht hauptsächlich auf der Erfahrung des Bedieners oder der Konstruktion von Spezialwerkzeugen, um die Verformung zu kontrollieren und sogar die verformten Strukturteile zu zwingen, eine "koordinierte" Montage durch mechanische Methoden, die zu Die erhöhte Belastung des Produkts verringert die Ermüdungsbeständigkeit und die Spannungskorrosionsbeständigkeit des Produkts.Daher hat die Untersuchung der Verformung der Flugzeugwandplatte während des automatischen Bohr- und Nietprozesses einen wichtigen technischen Anwendungswert.

Die durch den Einpunktnietvorgang verursachte Verformung wird mit dem zeitlichen und räumlichen Wandel kontinuierlich überlagert und stellt schließlich übergreifend die automatische Bohr- und Nietverformung des Wandpaneels dar. Der Verformungsakkumulationsprozess ist ähnlich dem Wandpaneel-Kugelstrahlen und die progressive Umformung des Blechs, die eine inkrementelle Der Prozess der Überlagerung, Kopplung und Übertragung von Verformungen ist. Die Schlüsselkonstruktion bei der Untersuchung der Nietverformung von Wandpaneelen besteht darin, die diskrete lokale Verformung auf das Vorhersagemodell der Gesamtstruktur abzubilden, da der Nietprozess nichtlinear und komplex ist der Einpunktnietprozess Um die Ursachen der lokalen Nietverformung zu erklären, wird basierend auf der Untersuchung der lokalen Verformung beim Einpunktnieten das Akkumulationsgesetz der Wandpaneel-Nietverformung unter Mehrpunktverbindung zusammengefasst, der Mechanismus der Nietverformung erläutert und das Leitprinzip zur Eindämmung der Nietverformung bestimmt. Der Grad der Wandpaneel-Nietverformung wird durch die Prozessparameter und die Produktgeometrie bestimmt.Theoretische Modellierung kann nur die Auswirkungen einiger Prozessfaktoren widerspiegeln, während die experimentelle Untersuchung

zeitaufwendig, mühsam und unwirtschaftlich ist, insbesondere wenn die Rand- und Geometrie Formen sind kompliziert. Die Finite-Elemente-Methode kann die Nachteile der obigen Verfahren ausgleichen. Aufgrund der Nichtlinearität des Nietprozesses ist der Berechnungsaufwand bei der Simulation des Mehrpunkt-Nietprozesses enorm. Unter der Prämisse, die Berechnungsgenauigkeit nicht zu beeinträchtigen, kann das Modell angemessen vereinfacht werden, um die Berechnungseffizienz zu verbessern. Nachdem die Produktspezifikationen festgelegt wurden, werden die Prozessparameter zum wichtigsten kontrollierbaren Faktor, der die Verformung der Wandplatte beeinflusst, und die Bestimmung der kontrollierbaren Parameter des Nietprozesses und des Nietweges wird zum Schlüssel. Die Ermittlung des Zusammenhangs zwischen kontrollierbaren Prozessparametern und lokaler und Gesamtverformung stellt eine Voraussetzung für die Optimierung der lokalen und Gesamtverformung dar. Die Nichtlinearität des Nietprozesses erschwert es, den expliziten Zusammenhang zwischen Verformung und Parametern zu bestimmen nichtlineare Abbildungsbeziehung Die Kombination intelligenter Optimierungsalgorithmen für die Mehrzieloptimierung und deren abschließende Verifizierung durch Experimente ist ein effektiver Weg. Durch die umfassende Erforschung des obigen Systems wird eine Strategie zur Unterdrückung von Verformungen vorgeschlagen, um den tatsächlichen Montageprozess zu leiten.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Nietverformung der Wandplatte zu unterdrücken. Die durchgeführten Forschungsarbeiten umfassen hauptsächlich die folgenden fünf Aspekte:

1. Mechanische Analyse und Modellierung des Einpunktnietprozesses

Analysieren Sie den Materialfluss und die Verformung des Nietes und der verbundenen Teile während des Bohr- und Nietprozesses, konstruieren Sie ein mechanisches Modell für den gesamten Prozess des Einnagel-Drucknietens der Wandplatte, bestimmen Sie die Größe der plastischen Verformungszone nach dem Nieten, und stellen Sie den Spannungsverteilungsausdruck nach dem Nieten fest. Die Verformungszustandsverteilung der verbundenen Materialien ist gegeben.

2. Einpunkt-Mehrpunkt-Verformungsäquivalentberechnungsmodellkonstruktion.

Analysieren Sie die Spannungs- und Dehnungsverteilung und das Überlagerungsgesetz des Wandpaneels unter der Einwirkung einer Mehrnagelverbindung, basierend auf der Annahme der Spannungshomogenisierung,

konstruieren Sie das äquivalente Berechnungsmodell der Verformung des langen Panels unter der einfachen Zwangsbedingung und dem Mehrnagel sequentielle Nietwirkung, kombiniert mit dem theoretischen Modell, Das Finite-Elemente-Modell zur Berechnung der "lokal-totalen" Verformung beim Vernieten von Wandpaneelen unter komplexen Randbedingungen wird weiter konstruiert.

3. Numerische Vorhersage der Mehrpunkt-Nietverformung

Führen Sie die numerische Simulation des Mehrnagelverbindungsprozesses durch, analysieren Sie die Wandplattenverformung und das Verformungsgesetz unter dem Kopplungseffekt mehrerer Faktoren.

4. Prozessparameteroptimierung und Nietwegplanung

Unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren der Nietverformung und unter Berücksichtigung der lokalen und Gesamtverformung der Wandplattenvernietung und des Nietverlaufs als Optimierungsziel wird das Prozessparameter-Optimierungsmodell zur Entscheidungsunterstützung für die reale Montage erstellt.

5. Experimentieren Sie, um das Modell und die Optimierungsergebnisse zu überprüfen.

2.4 Forschungsstatus

Seit der allgemeinen Verwendung von dünnwandigen Strukturen aus Aluminiumlegierungen in Flugzeugstrukturen ist das Nieten das wichtigste mechanische Verbindungsverfahren in der Flugzeugmontage und hat schon sehr früh die Aufmerksamkeit der Wissenschaft auf sich gezogen. Obwohl Konstruktionsdesigner der Funktion und strukturellen Integrität des Flugzeugs mehr Aufmerksamkeit schenken, sind die Form- und Größenabweichung, die Positionierung und die Klemmstrategie des Produkts gleichermaßen wichtig. Größe und Toleranz dienen nicht nur dazu, die zulässige Größe und Form des Produkts zu definieren, sondern auch, um das Produkt in der Fertigung zu halten, genauso wichtig wie die Designintegrität bei der Montage.^[4-6]

Da bei der Nietmontage der nichtlineare Materialfluss von Bedeutung ist und es schwierig ist, ein genaues theoretisches Modell zu erstellen, werden häufig

numerische Simulationen und Experimente verwendet. Viele Wissenschaftler haben den Nietprozess eingehend untersucht, ausgehend von der Ermüdungslebensdauer der Nietstruktur, der Spannungs- und Dehnungsfeldanalyse, der dynamischen Festigkeitsanalyse der Nietstruktur und der Analyse der Prozessparameter in gewissem Umfang beteiligt; In Bezug auf die Modellierung der Baugruppenverformung von Teilen liegt der Schwerpunkt mehr auf der Abweichungsmodellierung des Schweißprozesses dünnwandiger Teile, die eine wichtige Rolle bei der Kontrolle der Schweißverformung spielt. Daher wird viel Forschung zu die Montageabweichungsmodellierung von flexiblen Teilen wurde durchgeführt, außerdem werden viele Wissenschaftler Die Einflussfaktoren der Schweißverformung analysiert, um die Vorhersage der Schweißverformung zu erleichtern und das Gesetz der Verformungskontrolle zu verstehen.

Derzeit gibt es relativ wenige Untersuchungen zur Vorhersage und Unterdrückung der Nietverformung dünnwandiger Teile, jedoch für die Schlüsseltechnologien dieses Problems die Analyse von Faktoren, die die Nietqualität beeinflussen, die Finite-Elemente-Modellierung der Nietverformung und die Unterdrückung der Montageverformung Methoden, die in- und ausländische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler geleistet haben Viele Arbeiten haben einen gewissen Bezugswert für die Forschung dieser Arbeit.

2.4.1 Wandplatten-Niettechnik

Gegenwärtig haben in- und ausländische Wissenschaftler viele Ergebnisse in der Forschung zur Niettechnologie von Wandpaneelen erzielt, hauptsächlich mit folgenden Schwerpunkten:

- (1) Analyse des Eigenspannungs- und Dehnungsfeldes;
- (2) Forschung zum Gesetz der Rissinitiierung und -ausbreitung;
- (3) Bewertung des Einflusses von Prozessparametern auf die Nietqualität;
- (4) Forschung zur Kraft- und Lastverteilung von genieteten Teilen;
- (5) Ermüdungsleistungsanalyse von genieteten Teilen;
- (6) Forschung zum Materialflussgesetz und zum Verformungsmechanismus beim Nieten.

Einzelheiten wie folgt:

- (1) Analyse des Eigenspannungs- und Dehnungsfeldes. Calvin Rans von der

Carleton University in Kanada analysierte die Ursachen von Eigenspannungen während des Nietprozesses und stellte fest, dass der Bereich der Drucknietkraft eine wichtige Rolle bei der Verteilung und Bildung von Restspannungen spielt und wenn die Drucknietkraft ansteigt, die Die versenkte Verbindungsstruktur bildet einen "Keil"-Mechanismus.

(2) Durch Vergrößern der Höhe der vorstehenden Fläche des Senkkopfes des Nietes kann die Ermüdungslebensdauer effektiv verbessert werden. Li und Shi^[7-10] verwendeten numerische Simulations-, Neutronenbeugungs- und Dehnungsmessstreifen-Experimentmethoden, um die Eigenspannungs- und Dehnungsfeldverteilung des Nietprozesses und der überlappenden Struktur unter Kraft zu analysieren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Nietkraft den größten Einfluss auf die Qualität des Nietvorgangs hat in einem nichtlinearen und ungleichmäßigen Zustand, der sich nahe am Stauchkopf befindet. Die Verbindung auf einer Seite ist stärker als auf der Senkkopfseite. Daher ist die Lochkante oder Kontaktfläche am anfälligsten für Rissbildung, und dann es dehnt sich weiter zur Senkkopfseite aus, zusätzlich werden der Spalt zwischen Nagel und Loch und die Kontaktfläche analysiert Der Einfluss des Reibungskoeffizienten auf die Spannung und Dehnung in der Drei-Nagel-Überlappingsstruktur.

Durch Finite-Elemente-Simulation von drei Modellen (Scheibenmodell, achsensymmetrisches Modell und dreidimensionales Modell) fanden die französischen Wissenschaftler V. Blanchot et al. Durchgeführte dynamische Festigkeitsanalyse der genieteten Struktur, Forschung zum Antikollisionsdesign. Amarendra Atre et al. verwendeten numerische Methoden, um den Einfluss von Dichtmittel und Restspäne auf die Qualität und die Restspannung des Pressnietes zu analysieren, und stellten fest, dass die Restumfangsspannung zwischen den Löchern mit der Zunahme des Dichtmittels zunahm; Osama Bedair stellte fest, dass die genieteten Die Struktur wird durch äußere Lasten beeinflusst. Es treten Wellenwellen auf, die mit der Biegespannung zusammenhängen, die durch eine ungleichmäßige Lastverteilung in der Struktur verursacht wird.

Der deutsche Gelehrte Samuel Baha II und andere erstellten ein Finite-Elemente-Modell für den Installationsprozess von Flachkegelkopfnieten und

analysierten die Nietkraft, die Passgenauigkeit zwischen Nagel und Loch, die Reibung zwischen den Kontaktflächen und die Wirkung von die Nietgröße auf die Spannung und Dehnung im Blech. Daraus wird geschlossen, dass der Einfluss der Nietkraft stärker ist, gefolgt von der Größe der Niete. Die Reibung zwischen den Kontaktflächen hat einen größeren Einfluss auf die Größe des Kopfes, aber hat einen geringeren Einfluss auf die Verteilung von Spannung und Dehnung.

Zeng Chao gab den Effekt des anfänglichen Passungsspiels und der Drucknietkraft auf die Restspannung der Nietüberlappingsstruktur an. Die Ergebnisse zeigen, dass die ungleichmäßige Ausdehnung entlang der Achse des Nagellochs zu einer ungleichmäßig verteilten Spannung führt, verglichen mit der größeren Nietkraft, Das anfängliche Passungsspiel erzeugt eher ein höheres Restspannungsniveau. Li Yingjie glaubt, dass die Eigenspannungsverteilung und das Materialwachstum die beiden Hauptaspekte sind, um die Qualität des Nietens zu bewerten. Die Verformung der kopflosen Nieten wird nach der Theorie der dickwandigen Hülsen analysiert und die maßgebenden Gleichungen unter Berücksichtigung von Radialdruck, Nietkraft, Material und geometrischen Parametern aufgestellt. Die Studie ergab, dass nicht nur die Wirkung der Nietkraft offensichtlich ist, sondern auch der Ladevorgang der Nietkraft ist ebenso wichtig. Durch die Simulationsanalyse des Senknietprozesses wird der Schluss gezogen, dass ein ausreichender Klemmdruck eine größere Reibung erzeugen und das relative Gleiten des Blechs verhindern kann und das Wachstum von radialem Material, radial und axial, erheblich reduzieren kann Die Druckeigenspannung beibehalten oder erhöht werden können.

(3) Ermüdungsleistungsanalyse. Technische Universität Delft Muller ^[11] analysierte die Leistung der genieteten Wandpaneelstruktur durch Ermüdungsexperimente und theoretische Modellierung und stellte fest, dass die Ermüdungsbeständigkeit der genieteten Wandpaneelstruktur mit der Erhöhung der Nietkraft bis zum Zehnfachen anstieg; Gleichzeitig wird der Schluss gezogen, dass während des Nietvorgangs die plastische Verformung um das Nagelloch herum ungleichmäßig über die Dicke des Blechs verteilt ist, was sich sehr nachteilig auf die Leistung der genieteten Struktur auswirkt.

Nach Rijcks^[12] Analyse hat die Größe des Stauchkopfes einen wichtigen Einfluss auf

die Ermüdungslebensdauer der Flugzeugstruktur, die als eines der Bewertungskriterien der Lebensdauer angesehen werden kann, und hat eine signifikante Änderung des Spannungszustands der Struktur, wenn die Struktur einer Kraft ausgesetzt ist. China Southern Airlines Wang Yubo ^[13]et al. verglichen den Unterschied im Ermüdungsverhalten von genieteten Teilen bei manueller Installation und automatischem Bohren und Nieten und untersuchten den Einfluss verschiedener Parameterkombinationen auf die Lebensdauer. Untersuchungen von Yuan Zhen ^[14]et al.

Analyse des Einflusses von Prozessfaktoren. Die Wichita State University SH Cheraghi ^[15]kombinierte statistische und numerische Methoden, um den Einfluss der Nietgröße, der Drucknietkraft und der passenden Größe zwischen Nägeln und Löchern auf die Nietqualität zu untersuchen theoretischer Zusammenhang. Die Analyseergebnisse zeigen, dass die meisten Niete die Qualitätsanforderungen nach der Montage nicht erfüllen, dies liegt an der Verwendung des in der Konstruktion vorgegebenen Senkmaßes und dem Spalt zwischen den verbundenen Teilen; wird die Tiefe der Senkmuffe reduziert, die Nägel und Löcher können vergrößert werden Die Größenabweichung zwischen den beiden und die Nietkraft erhöhen, um die Nietqualitätsanforderungen zu erfüllen.

Billy Kelly ^[16]ua simulierten den Einbauprozess eines Hohlniets, untersuchten den Einbau des Niertes in einem axialsymmetrischen Modell und sagten die Umformkraft während des Nietprozesses genau voraus. Chen Nanjiang^[17] analysierte, dass die Wendepunkte auf der Verschiebungskurve der Nietstufe die Streckgrenze des Niertes während des Nietvorgangs und die Kontaktzeit von Niet und Nagelloch waren, und schlug eine parametrische Modellierungsmethode für die schnelle Modellkonstruktion vor. Zhang Qiliang^[18] simulierte die Auswirkung von Temperaturänderungen im Vortriebskopf auf die adiabatische Scherzone während des Nietens von Nieten aus einer Titanlegierung und stellte fest, dass die Verteilung der adiabatischen Scherzone die gleiche ist wie im Hochtemperaturbereich. Liu Lianxi, Li Yihuan und Cao Jiaqiang^[19-21] untersuchten jeweils die Auswirkungen der automatischen Bohr- und Nietprozessparameter, der Nietwerkzeugneigung und der Belastungsrate auf die Nietqualität. Abdelal ^[22]untersuchte den Einfluss der Nietstempelform auf die Nietinterferenz beim elektromagnetischen Nieten, und eine Änderung der

Nietstempelform kann die Entstehung von Rissen unterdrücken. Müller untersuchte den Einfluss der Nietkraft auf die Kopfgeometrie, die Aufweitung der Öffnung und die Eigenspannung des Blechs. Li Yingjie untersuchte den Einfluss von Reibung und Dehnungsrate auf den Nietprozess und stellte fest, dass die Reibung beim Nietprozess eine wichtige Rolle spielt und sorgfältig ausgewählt und kontrolliert werden muss kann einen größeren Einfluss haben als die Drucknietkraft Der dominierende Faktor im Nietprozess, außerdem beeinflusst die Reibung zwischen Nietstempel und Niet die Endgröße des Kopfes.

(4) Forschung zur Kraft- und Lastverteilung von genieteten Teilen. Wang untersuchte experimentell den Kraftübertragungsmechanismus verschiedener Verbindungsmethoden und stellte fest, dass eine größere Nietkraft einen größeren Klemmdruck erzeugt, der eine größere Kraft zwischen den Nieten übertragen kann. Er glaubt, dass eine größere Nietkraft für die Kraftübertragung vorteilhafter ist. Liu Xingke untersuchte die Nagellastverteilung der Metall-/Verbundschichtstruktur in der Mehrnagelverbindung durch Experimente und numerische Methoden und analysierte den Einfluss von Nagel-Loch-Spaltverteilung, Vorspannkraft und Reibung auf die Nagellastverteilung.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass der Anfangsspalt einen der wichtigsten Einflussfaktoren auf das Nagellastverteilungsverhältnis darstellt. Anzugskraft wirkt sich auf die Nagelbelastung aus, der Einfluss des Verteilungsverhältnisses ist gering. Yuan Huasheng ua verwendeten die Software Patran/Nastran zur Analyse der inneren Kraft des Verbinders, bei der die Platte mit einem Membranelement (Membran) simuliert und der Stab zu einem räumlichen Balkenelement (Beam) vereinfacht wurde. Das analytische Verfahren kann nur einfache und regelmäßige Verbinder berechnen, und die Verbindungselemente müssen bei mehr als einer Reihe kombiniert werden Das analytische Verfahren kann das räumliche Modell nicht berechnen. Das Finite-Elemente-Modell kann die meisten Strukturen vereinfachen und genaue Ergebnisse erzielen, indem physikalische Eigenschaften genau zugewiesen und Anschlüsse simuliert werden. Chen Haihuan verwendete vier Modellierungsmethoden, darunter starres Element CBAR, starres Element REB 2, CBAR/GAP/REB 2 und CBAR/RBAR/CBUSH (Federelement), um die Nagellastverteilung der Mehrnagelverbindungsstruktur zu untersuchen.

(5) Forschung zum Gesetz der Rissinitiierung und -ausbreitung. Fung und Smart kombinierten Experimente und numerische Methoden, um die Probleme der Rissinitialisierung und des Verbindungsfehlers beim Senkkopfnieten mit einer Überlappung zu untersuchen, und stellten fest, dass Risse und Fehler im Allgemeinen an der Kante des Blechs und nicht am Niet entstanden sind. Tong ua verwendeten das Konzept der gemischten Elemente und komplexen Variablen, um spezielle Superelemente zu entwerfen und zu konstruieren, um die elastischen Spannungsintensitätsfaktoren von ebenen Rissen zu analysieren. Nicoletto ua untersuchten die lokale Dehnungsverteilung und die obere plastische Zone des Risses unter konstanter Belastung und glaubten, dass Überlast und zyklische Plastizität einen wichtigen Einfluss auf die Risslänge und deren Ausdehnung haben. Chen Jianfei untersuchte die Schadenserkenkung von genieteten Strukturen basierend auf dem SVM-Algorithmus und stellte die Beziehung zwischen den charakteristischen Parametern und dem Modell unter der Bedingung einer kleinen Stichprobe her. Eine vergleichende Analyse des visuellen Erkennungsverfahrens der Support Vector Machine (SVM) und der Hough-Transformation und des unabhängigen Beurteilungsverfahrens zeigt, dass das visuelle Erkennungsverfahren SVM eine schnellere Erkennungsgeschwindigkeit und eine höhere Erkennungsgenauigkeit als die beiden letzteren aufweist.

(6) Analyse der Nietverformung. E. Markiewicz untersuchte den Umformmechanismus des Nietprozesses mit runden und quadratischen Platten und unterteilte den Nietprozess in sieben Stufen. Li Yingjie analysierte die Verformung von Nieten und Nagellochern während des Nietprozesses von kopflosen Nieten basierend auf der Hauptspannungsmethode und der Dickwandtheorie und ermittelte die mechanischen Ausdrücke der Nietkraft und der Spannungs- und Dehnungsfeldverteilung am Rand. Durch Analysieren der Querschnittsform des genieteten Teils wird festgestellt, dass die ungleichmäßige Ausdehnung des Nagellochs offensichtlich ist, und der Ausdehnungswert der Öffnung wird durch optische Instrumente erhalten. Entsprechend der Verformung des Nietes während des Drucknietprozesses teilten Zhang Kaifu et al. den Installationsprozess in drei Phasen ein: elastische Verformung, plastische Verformung und Rückfederung, und konstruierten die mechanischen Ausdrücke jeder Phase. Liu Ping verwendete das Hauptspannungsverfahren, um das Nietpress-Nietformen als die Stauchverformung

eines Zylinders zu betrachten, und konstruierte eine Spannungsausgleichsgleichung, um die zum Bilden des Stauchkopfes erforderliche Nietkraft zu erhalten. Basierend auf der Hauptspannungsmethode hat Chang Zhengping ein Berechnungsmodell für die Drucknietkraft des Stauchkopfes bei ungleichmäßiger Verformung erstellt und mit numerischen Methoden und Experimenten verifiziert. Song Danlong usw. kombinierten die Hauptspannungsmethode und das Modell der exponentiellen Härtung, um einen Ausdruck zur Berechnung der Nietkraft von kopflosen Nieten während der Installation von Verbundwerkstoffen/Aluminiumlegierung und Aluminiumlegierung zu konstruieren, berücksichtigten jedoch nicht den Einfluss der Nietkraft bei Nietverformung. Cao Zengqiang ua untersuchten den Einfluss der Belastungsgeschwindigkeit auf die Verformung von Nieten und zeigten, dass unter der Aufprallbelastung elektromagnetischer Nietkraft eine Dehnungskonzentration oder adiabatische Scherbänder im Nietkopf auftreten. Choo ua untersuchten den Einfluss der Belastungsrate auf die Qualität des Nietens und die Ergebnisse zeigten, dass während des elektromagnetischen Nietprozesses eine zu hohe Belastungsrate Mikrorisse im Stauchkopf verursachen würde. Li Yan ua untersuchten den Einfluss des Nietmaterials auf die Nietverformung und fanden heraus, dass die Wahrscheinlichkeit von Risschäden am verbundenen Teil effektiv reduziert werden kann, wenn die Festigkeit des Nietes geringer ist als die des verbundenen Teils. Kaniowski Jerzy et al. untersuchten die lokale Verformung während des Nietprozesses und stellten fest, dass der Verbindungsmechanismus zwischen Niet und Nagelloch dem Kaltschweißmodus ähnelt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass viele Wissenschaftler mit numerischer Simulation, experimenteller Forschung und theoretischer Analyse viel über die Nietmontage geforscht und eine Reihe von Ergebnissen erzielt haben, aber sie konzentrieren sich hauptsächlich auf die Ermüdungsleistungsanalyse, die Prozessfaktor-Einflussanalyse und die Berechnung des Nietens Kraft. , Und weniger an der Verformung des Nietvorgangs beteiligt.

2.4.2 Vernietung des Wandpaneels

Der Nietmontageprozess von dünnwandigen Teilen umfasst hauptsächlich das Positionieren, Spannen, Lochen, Nieten und Rückfedern. Die Montagequalität wird nicht nur durch den Kopplungseffekt mehrerer Faktoren wie Teilefertigungsabweichung, Vorrichtungspositionsabweichung, Spannkraft und Montage beeinflusst Reihenfolge, sondern auch bei komplexen Umformvorgängen wie dem Nieten ist es notwendig, die Kraft und Verformung der Teile während des Montageprozesses zu berücksichtigen. In den letzten Jahren haben viele Wissenschaftler viel Forschung zur Modellierung und Berechnung der Verformung von Schweißbaugruppen von dünnwandigen Teilen betrieben. Diese Ergebnisse haben viele Referenzen für die Forschung zur Verformung von Nietbaugruppen.

Professor Liu und Hu von der University of Michigan in den Vereinigten Staaten kombinierten die Finite-Elemente-Methode, die Einflusskoeffizienten-Methode und die Monte-Carlo-Methode, um ein Abweichungsmodell für dünnwandige Teile in einer Einzelstation zu erstellen. Der Prozess umfasst hauptsächlich vier Phasen, nämlich Positionierung und Klemmung, Anziehen, Verbinden und Lösen/Rückfedern, dieses Modell berücksichtigt die Teileabweichung als einzige Abweichungsquelle. Wissenschaftler verwenden dieses Modell häufig, um die Montageverformung flexibler Teile zu analysieren, wie in Abbildung 2-4. Hu schlug später ein Abweichungsflussmodell für die Montage von dünnwandigen Automobilteilen vor und definierte, dass die Gesamtsteifigkeit abnimmt und die Größe zunimmt bei der Serienmontage und die Baugruppensteifigkeit und die Dickenzunahme bei der parallelen Montage Deformation werden separat konstruiert. Die Abbildungsbeziehung zwischen:

Später führte Cai den Einfluss des Kontakts in die Analyse der Montageabweichung ein. Camelio et al haben ein Zustandsraummodell der Verformungsübertragung bei der Mehrstationenmontage flexibler Teile entwickelt. Bei der Analyse der Baugruppenverformung gingen Liu und Hu ua davon aus, dass: 1) die Verformung des Steckverbinders im elastischen Bereich liegt, 2) das Material isotrop ist, 3) das Werkzeug und der Schweißbrenner starr sind und sich nicht verformen, 4) die Verbindung wird nicht berücksichtigt. Die während des Prozesses erzeugte thermische Verformung und die Steifigkeit bleiben unverändert. Die Deformation der

Baugruppe wird hauptsächlich durch die Teileabweichung, die Abweichung der Positionierungsvorrichtung und die Abweichung der Schweißzange verursacht. Die Deformation der Baugruppe, die durch den Verbindungsprozess selbst verursacht wird, wird nicht berücksichtigt, was sich stark vom Nietmontageprozess unterscheidet.

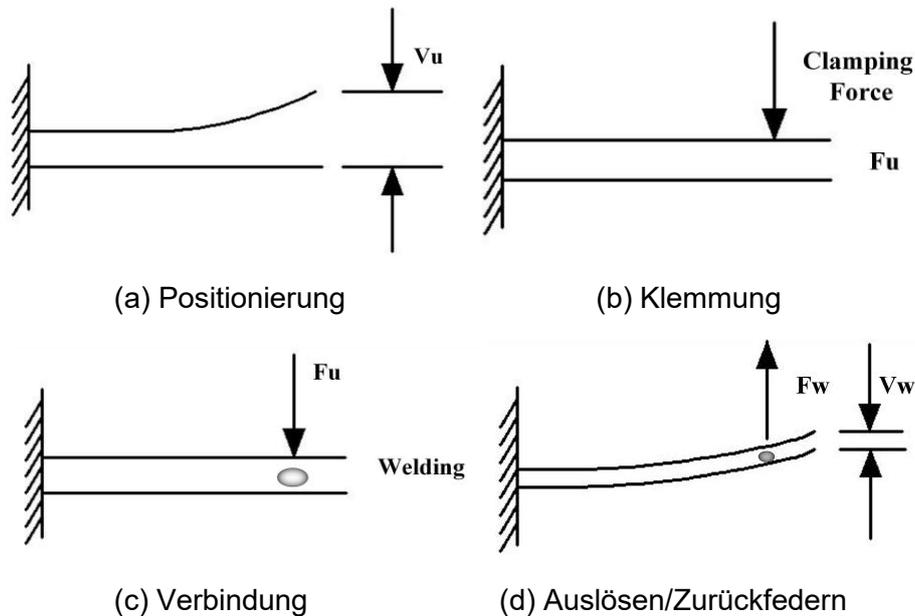


Abbildung 2-4 Montage- und Verbindungsprozess dünnwandiger Teile

Mozafar Saadat, University of Birmingham, UK, untersuchte die Montageverformung der Flugzeughaut, die durch die Änderung des Positionsrippen-Bezugs verursacht wurde, und kombinierte die Finite-Elemente-Methode, um ein lineares Interpolationsvorhersagemodell zu erstellen, um den Positionierungsfehler während des Montageprozesses genau vorherzusagen.

Die Shanghai Jiaotong University Wang kombinierte die Finite-Elemente- und die Hauptkomponentenanalyse (PCA), um die Montageverformung des Höhenleitwerks des Flugzeugs zu untersuchen. Unter Berücksichtigung des Einflusses der Verformung der Flügelhinterkante und der Rippen auf die Verformung der Endmontage ist der Haupteinfluss des Nachlaufs Kantenvormung erhalten. Montagefehler in Spannweitenrichtung, die Rippen beeinflussen hauptsächlich die Verformung in Sehnenrichtung (Dicke), dann wird der Einfluss der Hinterkante und der Rippen auf die Endmontageverformung mit der Methode der Vollfaktoranalyse

untersucht und die mehrstufige Analyseverfahren.

Die Northwestern Polytechnical University Cheng kombinierte das Abweichungsströmungszustandsraummodell, um das Übertragungsgesetz der Baugruppenverformung im automatischen Bohr- und Nietprozess zu untersuchen, und verfeinerte den Bohr- und Nietprozess zu einem Zwei-Stufen-Acht-Zustand-(Stufen-Zustand)-Modell, das beinhaltet hauptsächlich Positionierungsfehler und Verbindungsfehler, Positionierungs-Verbindungs-Kopplungsfehler; Cheng analysiert die Durchbiegung und Verformung der dünnen Platte unter der Wirkung der lochbildenden Kraft basierend auf dem Prinzip der Elastizität der dünnen Platte und der Theorie der Mittelebene der dünnen Platte. Die Abbildungsbeziehung zwischen Klemmkraft und Rückfederungsverformung. Lu Xin et al. schlagen eine Relaisberechnungsmethode für das Batch-Nieten von dünnwandigen Teilen vor, erstellten ein Finite-Elemente-Modell des Batch-Nietprozesses und verifizierten es durch Experimente.

Hou Dongxu von der Nanjing University of Aeronautics and Astronautics und andere untersuchten die Methode zur Modellierung der Montageabweichung von flexiblen Teilen von Flugzeugen. Basierend auf der Annahme geringer Verformung und linearer Elastizität, die Beziehung zwischen Montagekraft und Montageverformung flexibler Teile in der Baugruppe. Der Prozess wurde mithilfe der linearen Finite-Elemente-Methode erstellt und das mechanische Modell der Abweichungsbeziehung der wichtigsten Messpunkte vor und nach der Montage des flexiblen Teils erhalten.

Cheng Liang von der Zhejiang University vereinfachte die Flugzeugstruktur in ein Balkenelementmodell. Bei der Konstruktion des Montageabweichungsmodells wurden die Fehler durch die Teileherstellung, die Fehler durch den Positionierungsprozess und die Verformungsfehler des Montageprozesses berücksichtigt. Analyseprozess, Anschlussprozess, Abstimmungsprozess und Montageprozess, Einschränkungen in den vier Phasen des Freigabeprozesses. Bei der Analyse der Nietverformung ist der Rechenaufwand ein weiterer Aspekt, der nachdrücklich berücksichtigt wird. Liu Gang et al. untersuchten die Montageabweichung von Flugzeugwandpaneelen in Kombination mit der Einflusskoeffizientenmethode und betrachteten den Einfluss der

Nietverformung, bei der die durch das Nieten verursachte Verformung dem Biegemoment entspricht.

Zheng Bin von der Shanghai Jiaotong University ua setzten die durch den Nietprozess verursachte Verformung mit Radialdruck und Axialdruck gleich und untersuchten den Einfluss der Kopfhöhe und der Materialeigenschaften auf die Verformung durch Simulation und Experiment, wobei der Durchmesser nicht berücksichtigt wurde der äquivalente Prozess Ungleichmäßige Spannungsverteilung.

M. A. Price et al. analysierten die Spannungs- und Dehnungsverteilung der Wandplatte während des Kraftprozesses mit Hilfe von Submodellierungstechniken wie Schalenelement, Balkenelement und Volumenelement.

Der automatische Bohr- und Nietprozess von Wandpaneelen ist ein inkrementeller Nietprozess, dessen Gesamtverformung durch Akkumulation, Kopplung und Übertragung lokaler Verformungen entsteht, die durch eine Vielzahl von Einpunktnieten verursacht werden. Das Lernen aus den Forschungsergebnissen der progressiven Blechumformung, des Kugelstrahlens und der Schweißverformung wird helfen, den Mechanismus der Nietverformung zu verstehen, und ihre Verformungsberechnungsmethode bietet auch eine gewisse Aufklärung für die Berechnung der inkrementellen Nietverformung.

Yang He von der Northwestern Polytechnical University kombinierte die Theorie der Kontinuumsplastizität und das Prinzip der minimalen Energie, um ein geometrisches Modell und ein verformungsmechanisches Modell zu erstellen, das das Walzumformen von starren kunststoffgehärteten Materialien widerspiegelt. Ma Linwei von der Huazhong University of Science and Technology untersuchte mit numerischen Methoden den Mechanismus der inkrementellen Einzelpunktumformung von Blechen und den Einfluss von Prozessparametern auf die Verformung. Wang Zhongren vom Harbin Institute of Technology und andere untersuchten den Mechanismus der inkrementellen Punktformung mit numerischer Steuerung und stellten die Abbildungsbeziehung zwischen Brammenteilen und geformten Werkstücken her verwendet werden, um die gesamte Belastungshistorie zu erhalten und den gesamten Verformungsprozess zu beschreiben. Zerlegen Sie den gesamten

Verformungsprozess in eine Reihe von Migrationsvorgängen des verformten Zustands:

$$S_0(Y, J) \xrightarrow{P_1} S_1(Y, J) \xrightarrow{P_2} \dots \xrightarrow{P_n} S_n(Y, J)$$

Wobei $P_i(Y, J)$ ($i = 1, 2, \dots, n$) der bei jedem Schritt geladene Lastvektor ist.

Zhang Xianjie, Northwestern Polytechnical University, erstellte auf der Grundlage des mechanischen analytischen Modells des elastoplastischen Aufpralls eines einzelnen Projektils eine große Anzahl analytischer rechnergestützter mechanischer Modelle für die Verformung der Platte durch Kugelstrahlen unter dem Aufprall einer großen Anzahl von Projektilen, einschließlich des Prozesses Parameter und veränderte dann die geometrischen Eigenschaften der Wandplatte und die geometrischen Gleichungen In Kombination wurde ein mechanisch-geometrisches Modell mit der elastoplastischen Finite-Elemente-Methode erstellt, ein Finite-Elemente-Modell zur optimalen Berechnung der Dehnung in der Ebene der Die Kugelstrahlverformung von Wandpaneelen wurde festgestellt und schließlich wurden die Parameter des Kugelstrahlprozesses und der Kugelstrahlweg optimiert. Kang Xiaoming schlug die Idee der äquivalenten Verformung in der Finite-Elemente-Simulation des Kugelstrahlens vor und stellte anhand des Experiments zu Kugelstrahlprozessparametern eine quantitative Beziehung zwischen der äquivalenten Verformungskraft der Wandplatte und den grundlegenden Prozessparametern des Kugelstrahlens her Unter Verwendung der obigen quantitativen Beziehung wird die Finite-Elemente-Theorie der elastischen dünnen Schale verwendet, um die Form der Wandplatte unter den gegebenen Kugelstrahlparametern zu berechnen, und dann werden die Kugelstrahlparameter basierend auf dem Vergleich zwischen den Simulationsergebnissen und den theoretische Gestalt.

Hou Zhigang von der Huazhong University of Science and Technology untersuchte die Verformungsgesetze und Kontrollmethoden dünner Plattenstrukturen während des Schweißprozesses, analysierte die Spannungs- und Dehnungsverteilung des Schweißprozesses auf Basis der elastisch-plastischen Finite-Elemente-Methode, berechnete die Verformung der geschweißte Struktur unter Verwendung der Methode der inhärenten Dehnung und schlug schließlich die Verwendung der

Anti-Verformungs-Methode vor, um die Schweißverformung zu kontrollieren. Li Yana kombinierte auch die elastisch-plastische Finite-Elemente-Methode, um den Einfluss unterschiedlicher Schweißstrukturen, Schweißprozessparameter und Schweißreihenfolge auf die Verformung zu analysieren und schlug verschiedene numerische Berechnungsmethoden vor. Angesichts des hohen Berechnungsaufwands der Schweißverformung wird die „Makrozellentechnologie“ verwendet, um ein „Teil-zu-Ganzes“-Mapping-Modell zu konstruieren.

Deng hat ein groß angelegtes System zur Vorhersage und Bewertung der Verformung von Schweißkonstruktionen entwickelt, das Folgendes umfasst: 1) thermoelastoplastische Analyse und 2) Berechnung der elastischen Finite-Elemente. Es berücksichtigt umfassend die lokale Konfiguration der Schweißkonstruktion, den Schweißprozess und andere Details und kann realisieren Sie die Gesamtheit der großflächigen geschweißten Struktur Verformungsberechnung, die obige Berechnungsmethode hat Referenzbedeutung für die Gesamtberechnung der Nietverformung der Wandplatte.

Zusammenfassend dreht sich die Forschung zum progressiven Umformprozess hauptsächlich um die Steuerung und Finite-Elemente-Simulation des NC-Umformprozesses sowie um die Konstruktion der mechanisch-geometrischen Beziehung. Ähnlich wie das inkrementelle Umformen ist auch das inkrementelle Nietverfahren ein nichtlineares Verfahren und muss bis zu einem gewissen Grad vereinfacht werden, bevor die Erforschung des Verformungsgesetzes durchgeführt werden kann. Die aktuelle Modellierung der Montageverformung dünnwandiger Teile basiert noch immer hauptsächlich auf dem Deviation Flow Transfer Modell, das auf der Annahme kleiner Verformungen und linearer Elastizität, kombiniert mit der Zustandsraumgleichung, der Einflusskoeffizientenmethode und die Finite-Elemente-Methode zum Konstruieren der Mehrstationen- und Mehrfaktor-Verformungsübertragung der Baugruppe. Modell, aber es gibt lokal im Nietprozess eine plastische Verformung, und sie gehört zum inkrementellen Mehrpunktnieten. Daher die Modellierung und Berechnung der Nietbaugruppe Die Verformung sollte unterschiedlich sein.

2.4.3 Kontrolle und Optimierung der Nietverformung des Wandpaneels

Aufgrund ihrer geringen Steifigkeit und leichten Verformung wird die Wandplatte während des Montagevorgangs unvermeidlich Verformungen erzeugen, daher müssen angemessene Maßnahmen getroffen werden, um sie zu beschränken und ihre Verformung in einem bestimmten Bereich zu halten. Zu den aktuellen Strategien zur Unterdrückung von Montageverformungen gehören hauptsächlich die Optimierung der Prozessparameter, die Optimierung der Montagereihenfolge, die Optimierung der Positionierung und Klemmung sowie die Werkzeugkonstruktion. Gleichzeitig achten viele Wissenschaftler darauf, die Produktleistung sicherzustellen und gleichzeitig die Schwankungen der Produktqualität aufgrund von Prozessparameteränderungen zu reduzieren, das heißt, Prozessparameter sind stabil Designforschung.

Die Northwestern Polytechnical University Xiao hat ein Multi-Ziel-Optimierungsmodell für automatische Bohr- und Nietwege basierend auf dem Ameisenkolonie-Algorithmus entwickelt. Sui Hongjiang et al. haben die kürzeste Bohr- und Nietzeit und die geringste Anzahl von Wechseln als Zielfunktion verwendet, um ein mehrzieliges Optimierungsmodell zu konstruieren, das die Bohr- und Nietechnik sowie die Bohr- und Nietgenauigkeit charakterisiert und durch einen genetischen Algorithmus gelöst. Ni Jun nutzte den Ameisenkolonie-Algorithmus, um gleichzeitig die Nietverformung und den Weg der Antennenstruktur zu optimieren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Verformung mit der Zunahme der Strukturgröße und der Anzahl der Nieten zunimmt.

Wang hat eine mechanische Ersatzeinheit entwickelt, um die Nietreihenfolge während des Montageprozesses des Höhenleitwerks des Flugzeugs zu optimieren. Berechnungen zeigen, dass die optimierte Reihenfolge die Nietverformung reduziert. P. Webb, University of Nottingham, UK, hat ein Industrieroboter-Endgerät für die Nietmontage von Flugzeugteilen entwickelt, das die Flexibilität und Automatisierung der Montage realisiert und nach Ausstattung mit einem berührungslosen Messsystem die Position vermessen und justieren kann des Werkstücks in Echtzeit. , Beheben Sie den Fehler, der durch die Referenzabweichung verursacht wurde. Qingchun Liu von der Xi'an Jiaotong University schlug einen Optimierungsalgorithmus vor, um die Anzahl der Positionierungspunkte, das Positionierungslayout und den Saugdruck von Saugnäpfen zu bestimmen, wenn dünnwandige Teile flexibel an mehreren Punkten

positioniert werden.

Qin Guohua, Zhang Weihong etc. untersuchten den Einfluss der Größe der Spannkraft, der Lage des Wirkpunktes und der Reihenfolge der Spannkraft auf die Spannverformung dünnwandiger Teile. Unter der Einwirkung der Schwerkraft wird das Produkt auch verformt. Um die Verformung zu reduzieren, hat Cai das Positionierungsprinzip "N-2-1" vorgeschlagen. Auf dieser Grundlage haben viele Wissenschaftler verwandte Forschungen zur Optimierung der Positionierung und Layout. Wang Jun und Mitarbeiter untersuchten mit der Finite-Elemente-Methode den Verformungsmechanismus der dünnwandigen Schale während des Spannvorgangs und simulierten den Einfluss von Spannposition, Spannreihenfolge und Belastungsmethode auf die Verformung.

Zhang Wei von der Nanjing University of Aeronautics and Astronautics und andere schlugen eine Optimierungsstrategie für die flexible Montageabweichung von Flugzeugen unter Verwendung von Vorrichtungen zur aktiven Positionierungskompensation vor und verifizierten den Kompensationseffekt durch Experimente und Finite-Elemente-Simulationen. Wang Yang von der University of Electronic Science and Technology of China untersuchte den Abweichungsübertragungsprozess der Flugzeughaut unter der Positionierungsbedingung "N-2-1". Cheng Liang schlug vor, den Einfluss von Temperaturänderungen auf die Verformung durch Haltungsanpassung auszugleichen. Yang Yanhui ua kombinierten Response Surface- und Finite-Elemente-Methoden, um die Umformprozessparameter von Luftfahrt-Schmiedeteilen zu optimieren, um die Gleichmäßigkeit der Schmiedeverformung zu verbessern.

Wang et al. verwendeten den Kriging- und Partikelschwarmalgorithmus, um die Nietprozessparameter zu optimieren, um die Gleichförmigkeit der lokalen Verformung des Nietens zu verbessern und dadurch die Gesamtverformung zu reduzieren. Mandal ua verwendeten ein neuronales Backpropagation-Netz (BP-ANN)-Modell, um den EDM-Prozess zu simulieren, und verwendeten einen nicht dominierenden genetischen Sortieralgorithmus (II), um die Prozessparameter des Prozesses zu optimieren. Li Yuqiang et al., Xie Yanmin et al , und erzielte gute Ergebnisse.

Mit Blick auf das Problem der großen Abmessungen, der geringen Steifigkeit und der hohen Formgenauigkeit des äußeren Flügelkastenträgers und der Verkleidung schlug Zhao Ling Maßnahmen vor, um die Nietverformung des Trägers zu kontrollieren der Balken, und die obere und untere Kante sollten sich abwechseln. Das Nieten kann

den Formfehler des Balkens erheblich reduzieren und schließlich die Designanforderungen durch manuelle Kalibrierung erreichen. Gleichzeitig reduziert die Bohr- und Nietsequenz die Nietverformung des Wandpaneel wird erkundet.

Song Qinghong ua schlugen eine Strategie zur Verformungskontrolle für den Nietprozess vor: 1) das Design des Werkzeugrahmens, 2) die Methode der Dichtungskompensation, 3) die Methode nach dem Nieten, 4) die Anti-Verformungsmethode.

Um sich den optischen Eigenschaften dünnwandiger Teile anzupassen und die Montagegenauigkeit zu verbessern, wurden flexible Mehrpunkt-Werkzeuge ins Leben gerufen, zum Beispiel entwickelte die Tsinghua University ein intelligentes flexibles Spannwerkzeugsystem zum Schneiden und Bearbeiten von großen dünnwandigen Teilen , und auf die eigentliche Produktion angewendet.Gute Ergebnisse. Das Beijing Institute of Aeronautical Manufacturing Engineering hat an Schlüsseltechnologien wie der Oberflächenerzeugungstechnologie für flexible Positionierungswerkzeuge und der hochdichten flexiblen Array-Antriebstechnologie geforscht, um sich an die flexible Positionierung dünnwandiger Teile anzupassen und Positionierungsfehler zu reduzieren.

2.4.4 Verbleibende Probleme

Wissenschaftler aus dem In- und Ausland haben viele Forschungsarbeiten zum Seitenwandnieten durchgeführt und einige der Ergebnisse wurden in die Praxis umgesetzt, doch angesichts der Komplexität der Seitenwandnietverformung müssen einige Probleme noch weiter untersucht werden:

(1) Die aktuelle Nietforschung konzentriert sich hauptsächlich auf die Ermüdungsanalyse der Nietstruktur, die Analyse des Einflusses von Prozessparametern und die Berechnung der Nietkraft, während die durch den Nietprozess verursachte Verformung weniger involviert ist; wenn Modellierung der Nietverformungstheorie , Das Hauptaugenmerk liegt auf der radialen Ausdehnung von Nieten und der Stauchform, jedoch gibt es nur wenige Analysen der durch den Nietprozess verursachten Verformung der verbundenen Teile. Insbesondere gibt es keine weitere theoretische Erklärung für die Verformung durch Nieten mit mehreren Nägeln Daher ist der Mechanismus der Nietverformung und der theoretischen

Modellierung weitere Forschung erforderlich;

(2) Die Deformationsvorhersage stellt im Bereich der Montage dünnwandiger Teile den Schwerpunkt der Aufmerksamkeit dar. Die meisten bestehenden Forschungen beschränken sich auf die Modellierung der Schweißmontageabweichung von dünnwandigen Teilen und die numerische Berechnung der Deformation, während die Deformationsberechnung und Modellierung von genieteten Strukturen mangelt es an vertiefter Forschung; Die numerische Simulation von genieteten Teilen konzentriert sich hauptsächlich auf die Analyse des Spannungs- und Dehnungsfeldes und die Verformungsanalyse der Struktur mit wenigen Nägeln. Es fehlt noch an theoretischen Grundlagen und Modellierungsmethoden zur effizienten Berechnung der Nietverformung von großformatigen Wandpaneelen;

(2) Aus den obigen Dokumenten ist ersichtlich, dass die Optimierung des Positionierungslayouts, die Optimierung der Spannkraft und der Reihenfolge, die Optimierung der Prozessparameter und die Optimierung der Montagereihenfolge sowie die Konstruktion der Werkzeugstruktur die gegenwärtigen Hauptstrategien zur Unterdrückung der Montageverformung dünnwandiger Teile sind. aber Positionierungs-Layout-Optimierung, Werkzeugstruktur-Design Hängt hauptsächlich von der Erfahrung ab, und die Optimierung von Prozessparametern hat meist die lokale Verformung als Optimierungsziel, und die Optimierung der Montagereihenfolge berücksichtigt die Montagekosten Um eine Verformung der Baugruppe zu unterdrücken, sind noch Durchbrüche erforderlich.

3 Mechanische Analyse des Einzelnagelnietprozesses

3.1 Einführung

Die Nietverformung des Wandpaneels wird durch die kumulative Deformation durch eine Vielzahl von Nieten während des Montagevorgangs verursacht. Im Vergleich zu der Gesamtwirkung einer Vielzahl von Nietvorgängen ist die Auswirkung eines einzelnen Nietvorgangs relativ gering. Um das Problem der Nietverformung genau zu untersuchen und zu analysieren, ist es jedoch sehr notwendig, den Nietprozess eines einzelnen Nietes zu analysieren.

Der Nietprozess ist ein mechanischer Verbindungsprozess, bei dem der Niet gestaucht und unter Einwirkung der Drucknietkraft zu einer Stauchung verformt wird, so dass die verbundenen Teile zu einem Ganzen werden. Der Vorgang des Ausbildens eines Stauchkopfes auf dem Nieten ist ähnlich der Stauchverformung eines Zylinders bei der Metallplastikumformung. Gegenwärtig sind die beim Montagevorgang von Wandpaneelen verwendeten Nieten im Allgemeinen Aluminiumlegierungsmaterialien. Um die theoretische Analyse des Problems zu erleichtern, ohne von der Realität des Problems abzuweichen, macht dieser Artikel folgende Annahmen über die Materialien der Anschlusskonstruktion:

- (1) Kontinuitätsannahme,
- (2) isotrope Annahme,
- (3) Es besteht keine Kopplung zwischen elastischer Materialverformung und plastischer Verformung,
- (4) Die Hypothese, dass die Anfangsspannung null ist und die Volumenkraft null ist,
- (5) Die Hypothese der Stabilität der Materialeigenschaften und erfüllt die Postulate von Drucker und Ilyushin,
- (6) Die Nietmatrize verformt sich während des Nietvorgangs sehr wenig und wird als starrer Körper gesetzt.
- (7) Angenommen, der Niet befindet sich in der Mitte des Nagellochs.

3.2 Analyse des Seitenwandnietprozesses

Der Seitennietprozess umfasst in der Regel das Positionieren, Spannen, Lochen

(Konterfläche), Nieten und Lösen. Der gesamte Nietzyklus beginnt vom Kontakt des Nietstempels mit dem Niet, bis der Stauchkopf vollständig geformt ist und der Nietstempel austritt. Nehmen Sie als Beispiel das Drucknietverfahren mit Flachkegelkopfniet. Entsprechend dem Fließtrend des Nagelstabmaterials wird das Drucknietverfahren in vier Stufen vereinfacht, wie in Abbildung 3-1 gezeigt, wobei die schwarze durchgezogene Linie den Stab darstellt Materialfluss in radialer Richtung und die schwarze gestrichelte Linie ist der Fluss entlang der axialen Richtung, F_{sq} ist die Drucknietkraft und F_{sb} ist die Nietrückstellkraft.

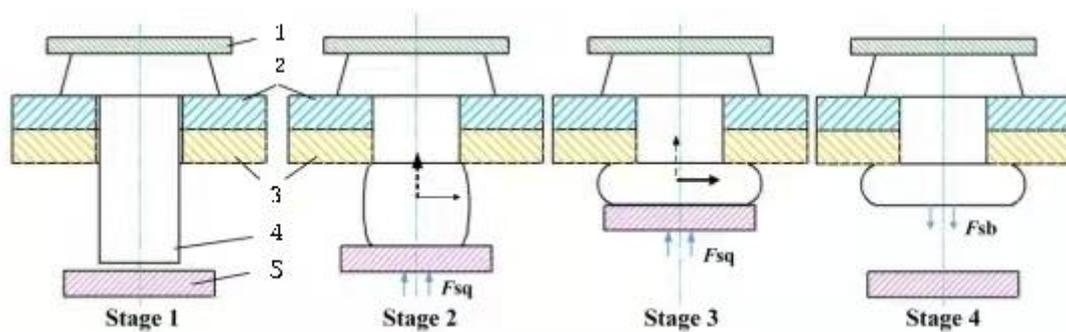
Stufe 1: Vorbereitungsstufe für das Nieten. Führen Sie Positionierungs-, Klemm-, Lochherstellungs- und Nagelarbeiten durch. Stellen Sie in diesem Stadium sicher, dass der Lochdurchmesser und die Oberflächenrauheit der Lochwand den Konstruktionsanforderungen entsprechen und die Größe des Nagellochs etwas größer ist als die Größe der Nagelstange erleichtern die Montage des Nietes;

Stufe 2: Füllstufe des Nagellochs. In diesem Stadium beginnt die Nietmatrize den Nagelstab zu berühren und bewegt sich kontinuierlich. Zuerst wird der Nagelstab als Ganzes frei gestaucht und dann beginnt der Nagelstab, die Lochwand zu berühren. Die Lochwand wird zuerst elastisch verformt und dann Plastische Verformung. Material beginnt kontinuierlich in die Nagellocher einzudringen und zu füllen, zu diesem Zeitpunkt fließt das Material im Nagelschaft hauptsächlich auf und ab;

Phase 3: Stauchphase. Wenn die Verlagerung des Nietstempels nach unten weiter zunimmt, beginnt die Nagelstange, die Oberfläche des Verbindungsstücks zu berühren und eine Stauchung zu bilden. Die Reibungskraft zwischen Stauchkopf und Anstussteil ändert die Richtung des Materialflusses, zu diesem Zeitpunkt fließt nur noch wenig Material in das Nagelloch und das Anstussteil wird durch die Anpresskraft des Stauchkopfes verformt Der seitliche Rand des Nietloches bildet einen gewissen Bogen. Wenn der Stauchkopf die Zielgröße erreicht, stoppt die Nietmatrize;

Stufe 4: Rebound-Stufe. Wenn die Nietmatrize beginnt, sich zurückzuziehen, erholen sich der Niet und das verbundene Teil elastisch, und beim Zusammenbau entsteht eine Montagespannung.

Zusammenfassend lässt sich die Verformung des Nietes und des verbundenen Teils beim Nietvorgang in drei Phasen einteilen: elastische Verformung, plastische Verformung und Rückfederung. Wenn das Nietwerkzeug der Stufe 3 aufhört, sich zu bewegen, ist die Drucknietkraft am größten und die Verformung der verbundenen Teile ist auch am größten. In diesem Artikel wird der mechanische Verformungsprozess in Abhängigkeit von der Kraft in diesem Moment analysiert und modelliert.



1.Oberes Bügeleisen 2.Verbundene Teile 1 3.Verbundene Teile 2 4.Niet 5.Nietmodell

Abbildung 3-1 Analyse des Drucknietvorgangs der Wandplatte

3.3 Mechanische Analyse des Einzelnagelnietprozesses

Aus der Sicht des Nietens von Verformungsobjekten kann es in Nieten und verbundene Teile unterteilt werden. In Stufe 1 verformen sich die verbundenen Teile unter der Einwirkung der lochbildenden Kraft unterschiedlich stark. Im Vergleich zum Nietprozess ist die Verformung geringer. Der Artikel berücksichtigt nicht Stufe 1 In Stufe 2 wird die Nietstange unter der Einwirkung der Drucknietkraft dicker und kürzer und es kommt zu einer elastischen und plastischen Verformung. Wenn die Nagelstange das Nagelloch berührt, beginnt sich das Nagelloch auszudehnen, beginnt eine elastische Verformung zu erzeugen, dann tritt eine plastische Verformung auf, der Teil des Nagelstabs außerhalb des Nagellochs bildet in Stufe 3 weiter einen Stauchkopf Kopf, der einen bestimmten Keilwinkel bildet Am Ende dieser Phase ist der Niet Die Verformung der verbundenen Teile ist am größten, und dann erfolgt ein Rückprall mit der Abnahme der Drucknietkraft. Beim Nietprozess ist die

Verformung in jeder Phase kontinuierlich. Um die Spannungsverteilung im genieteten Teil und den Verformungszustand des verbundenen Teils nach dem Nieten zu untersuchen, ist es daher notwendig, die Verformung des Nietes und des Nagellochs zu untersuchen während des Nietvorgangs.

3.3.1 Analyse der elastoplastischen Verformungsmechanik des Nagelstabes

Wie in Abbildung 3-2 gezeigt, erfährt der Nagelstab vor dem Kontakt des Nagelstabes der Stufe 2 mit dem Nagelloch zunächst eine elastische und dann eine plastische Verformung unter der Einwirkung der Drucknietkraft. Dieser Vorgang kann als freier Zylinder angesehen werden. Stauchen unter Druck Verformung: Wenn der Nagelstab die Lochwand berührt, ist seine Kraft anders als beim vorherigen Vorgang. Bevor der Nagelstab die Lochwand berührt, kann daher sein Verformungsprozess in zwei Teile unterteilt werden: die Phase der elastischen Verformung und die Phase der plastischen Verformung, und dann werden jeweils eine mechanische Analyse und eine Modellierung durchgeführt. In der Abbildung repräsentiert R_0 den anfänglichen Radius des Nagellochs und r_0 ist der anfängliche Radius des Nagelstabes.

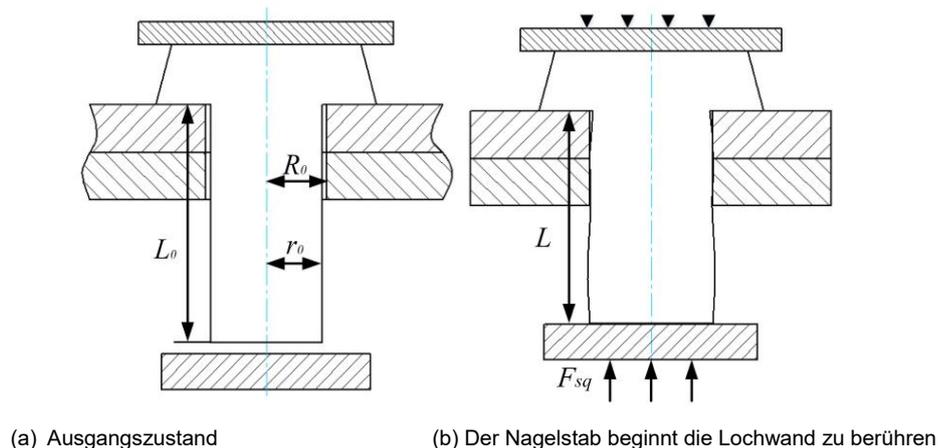
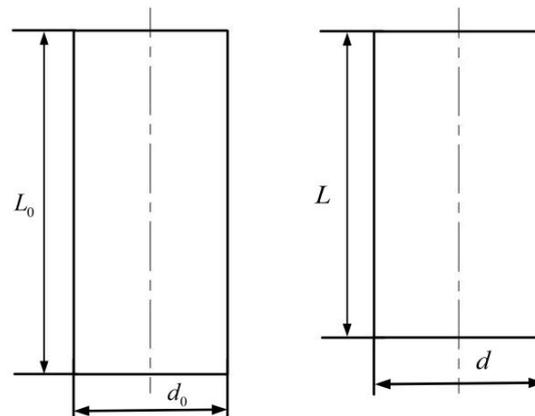


Abbildung 3-2 Analyse des Nagelstabkontaktzustands

(1) Analyse der elastischen Verformungsmechanik

Bevor der Nagelstab die Lochwand berührt, kann der verformte Zustand des Nagelstabs weiter vereinfacht werden, wie in Abbildung 3-3 dargestellt: In der Abbildung stellt L_0 die Anfangslänge des Nagelstabs dar, d_0 ist der Anfangsdurchmesser des Nagelstabs, L ist die verformte Nagelstablänge, d gibt den Durchmesser des Nagelstabs nach der Änderung an. Wenn sich die Nagelstange in einem Zustand der elastischen Kompression und Verformung befindet, gibt es fast kein relatives Gleiten zwischen der Nagelstange und der Nietmatrize, so dass der Einfluss der Reibung vernachlässigt wird.



(a) Vor der anfänglichen Verformung (b) Nachdem der Nagelstab verformt ist

Abbildung 3-3 Schematische Darstellung der Volumenänderung des Nagelstabs

(2) Analyse der plastischen Verformungsmechanik

Abbildung 3-4(a) zeigt ein vereinfachtes Diagramm der Kraft auf die Nagelstange, wobei die beiden Enden der Drucknietkraft F_{sq} ausgesetzt sind. Kraftverteilungsdiagramm. Da die Nagelstange achsensymmetrisch verformt wird, ist $\epsilon_r = \epsilon_\theta$. Zu diesem Zeitpunkt sind die Radialspannung und die Umfangsspannung gleich, dh $\sigma_r' = \sigma_\theta'$ und $\tau_{rz}' = \tau_{r\theta}' = 0$.

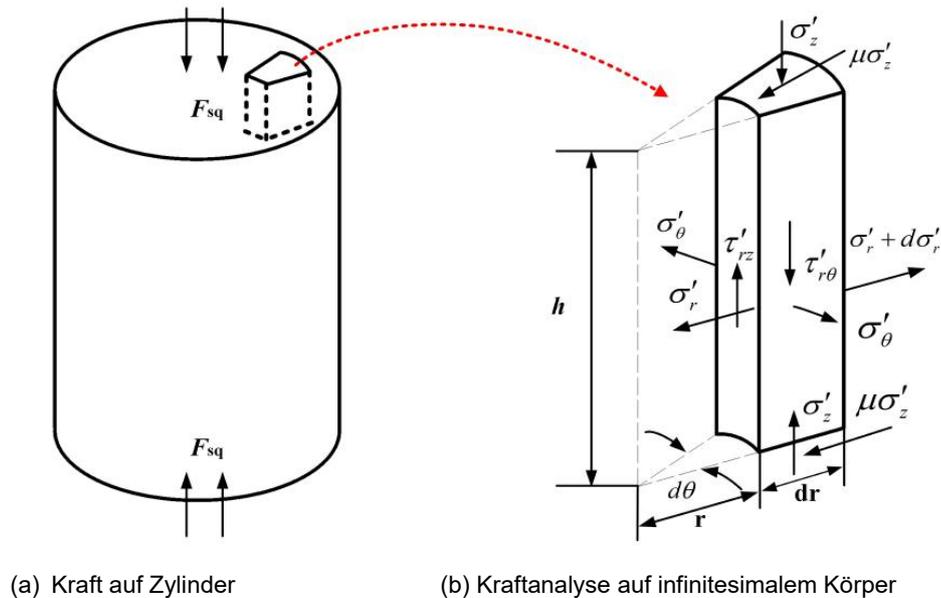
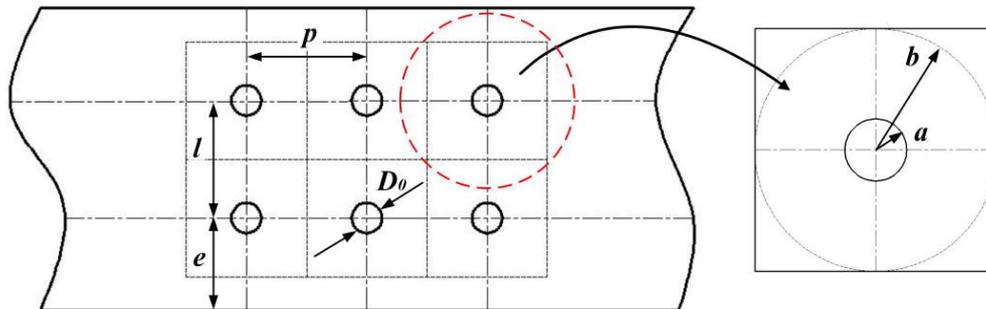


Abbildung 3-4 Kraft und Analyse des Zylinders

3.3.2 Analytische Berechnung der elastoplastischen Verformung von Nagellöchern

Die beiden Enden der Nagelstange werden durch Press- und Nietkraft verformt und berühren dann die Lochwand, so dass die Innenseite des Nagellochs einer Presskraft ausgesetzt wird. Die Quetschkraft des Nagellochs entlang der axialen Richtung ist nicht gleichförmig, was zu einer ungleichmäßigen Ausdehnung des Nagellochs entlang der axialen Richtung führt. Deshalb wird in dieser Arbeit für die theoretische Analyse eine dünne Schicht von dz entlang der axialen Richtung der Lochwand verwendet. Lis Forschung zeigt, dass, wenn der Außendurchmesser des extrudierten dickwandigen Zylinders mehr als das Vierfache des Innendurchmessers beträgt, der Außendurchmesser nur einen geringen Einfluss auf die synthetische Mises-Spannung hat und der Abschaltfehler 5 bis 6 % beträgt. Wu Sen führte eine elastoplastische Analyse des Befestigungslochs der Presspassung durch und stellte fest, dass, wenn der Außendurchmesser mehr als das Dreifache des Innendurchmessers beträgt, der Einfluss des Außendurchmessers auf die Streckgrenzenüberschneidung vernachlässigbar ist und die unendliche Platte zu diesem Zeitpunkt verwendet. Die Situation wird behandelt. In Abbildung 3-5 (a): p steht für den Nietabstand, D ist der Anfangsdurchmesser des Nagellochs, l ist der Nietreihenabstand, e ist der Nietrand. In Abbildung 3-5(b): a ist der vereinfachte Innendurchmesser des dickwandigen

Zylinders, b ist der vereinfachte Außendurchmesser des dickwandigen Zylinders. Im vereinfachten Nietdiagramm beträgt der Anfangswert von $a = D_0/2$ und $b = 2,5D_0$.



(a) Schematische Darstellung der Vernietung der Wandplatte (b) Vereinfachte Darstellung der Vernietung

Abbildung 3-5 Vereinfachte schematische Darstellung des Nietens und Nietens von Wandpaneelen

3.3.3 Stoffstromanalyse

Abbildung 3-6 zeigt das Mises-Spannungswolkendiagramm des 5×10 mm Flachkegelkopfniet-Pressnietprozesses. Das Material des Nietes ist 2A10-T4 und das Material der oberen und unteren Platte ist 2A12-T3 (Haut) und 7075-T651. (Langes Fachwerk), das die beiden Enden des Verbindungsstücks und des Nageleisens vollständig einschränkt. Der Nietstempel kann sich entlang der Nietachse bewegen. Stufe 1 - Stufe 4 repräsentieren vier Verformungszustände, die mit der Verformung übereinstimmen. Analyse in Abbildung 3-1, die die Rationalität der Phaseneinteilung anzeigt.

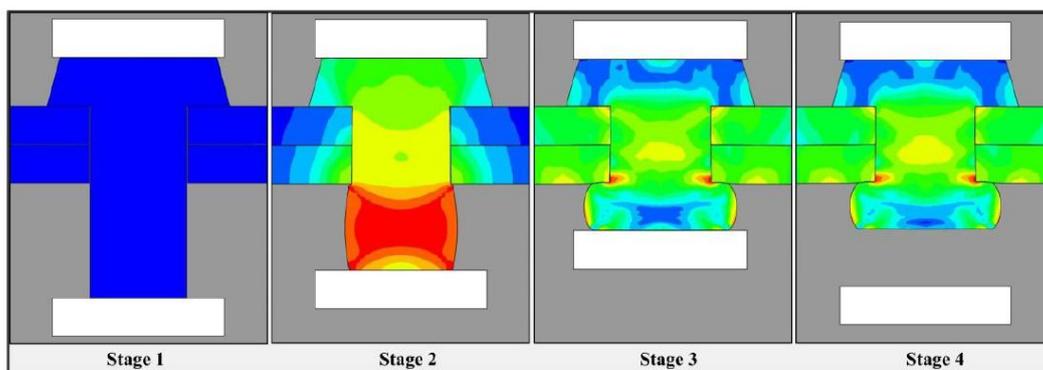


Abbildung 3-6 Analyse des Nietprozesses des Flachkegelkopfes

Nach der mechanischen Analyse des Nietprozesses wird die Verformung des verbundenen Teils hauptsächlich durch die Kombination der Dehnung des Nagelstabs und der Extrusion der Stauchung verursacht. Im Material des verbundenen Teils elastisch-plastische Verformungsbereiche mit Es entstehen unterschiedliche Zug- und Druckeigenschaften Beim Bewegen des Nietstempels Beim Erreichen des unteren Punktes verformt sich das verbundene Teil wie in Abbildung 3-7 dargestellt.

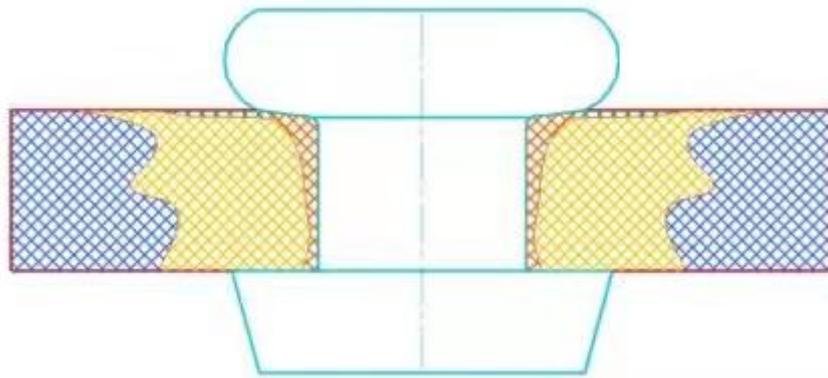


Abbildung 3-7 Verteilung der Verformungsfläche des Nietmatrizenmaterials

3.4 Der Einfluss des Materials des verbundenen Teils auf die Verformung

Aus der Analyse in Abschnitt 3.3 ist ersichtlich, dass der endgültige Spannungs- und Dehnungszustand beim Nieten in engem Zusammenhang mit den mechanischen Eigenschaften des Materials steht: Je höher die Streckgrenze des zu verbindenden Materials ist, desto kleiner ist die gebildete plastische Zone durch Nieten, desto geringer ist die Verformung. Daher ist das Material anders, der endgültige Verformungszustand ist anders.

4 Nietdeformation des Wandpaneels

4.1 Einführung

Das Abstellgleis ist eines der wichtigsten Elemente in der Flugzeugstruktur, und sein Montageprozess umfasst die Installation von Hunderten von Nieten. Der Nietvorgang bildet nicht nur den Stauchkopf des Nietes, sondern verursacht auch eine elastisch-plastische Verformung um das Loch. Die Wandplatte wird in jedem Nietzyklus der Kraft des Nietvorgangs ausgesetzt. Nach Beendigung des Nietzyklus bildet sich zwischen Niet und Nagelloch eine gewisse Montagespannung, die eine lokale Verformung um das Nagelloch der Wandplatte verursacht. Die Überlagerung, Übertragung und Kopplung lokaler Verformungen beeinflusst die endgültige Form und Größe des Wandpaneels. Die auf das Wandpaneel wirkende Last lässt sich in eine Längslast in der Ebene und eine Querlast senkrecht zur Paneeloberfläche zerlegen: Ersteres bewirkt eine unterschiedlich starke Dehnung des Wandpaneels in Längsrichtung, letzteres bewirkt, dass das Wandpaneel zu biegen und zu verziehen.

Die beim Nietvorgang des Wandpaneels entstehenden Spannungen und Dehnungen stellen die Voraussetzung für die Analyse der Nietverformung des Wandpaneels dar. Beim Mehrnagelnietprozess beeinflussen und überlagern sich die Spannungs- und Dehnungsfelder zum endgültigen Verformungszustand des Wandpaneels nach dem Vernieten. Nach dem Nieten tritt in einem kleinen Bereich vom Lochrand eine plastische Verformung auf und der Rest der Wandplatte wird elastisch verformt, so dass der Nietvorgang die Wandplatte nicht als Ganzes in einen vollplastischen Zustand bringt, sondern nur produziert lokale plastische Verformung um das Nagelloch herum. Daher ist die Nietverformung des Wandpaneels ähnlich der elastischen Verformung unter der lokalen plastischen Beschränkung, und die Struktur als Ganzes liegt immer noch im Bereich der elastischen Verformung.

Im Vergleich zum einfachen ebenen Spannungszustand weisen die nach dem Nieten quer belasteten Wandplatten eine Dehnung in der Ebene (Kontraktion), aber auch eine Verformung außerhalb der Ebene auf, gleichzeitig ist die radiale Spannung ungleichmäßig über die Dicke verteilt Richtung der verbundenen Teile. Dadurch bilden die verbundenen Teile im Querschnitt ein Biegemoment. Beim Nieten entlang der Nietnaht besteht die Gefahr, dass sich die Wandplatte verbiegt, was wiederum die

Gesamtverformung der Wandplatte verursacht.

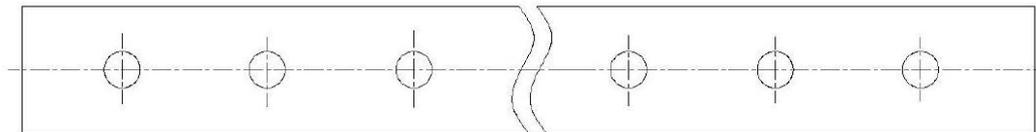
Die größte Sorge bei der Montage der Wandpaneele ist eher die Gesamtverformung (Elastizität) als die lokale Verformung (elastoplastisch). Um das Gesetz der Verformungsübertragung beim Mehrnagelnieten zu analysieren, konzentriert sich dieses Kapitel daher auf dessen Verformung unter Einwirkung von Elastizität, die auf der Grundlage der Platten-Schalen-Theorie in der elastischen Mechanik entwickelt wird.

4.2 Spannungsanalyse des Mehrnagelnietprozesses

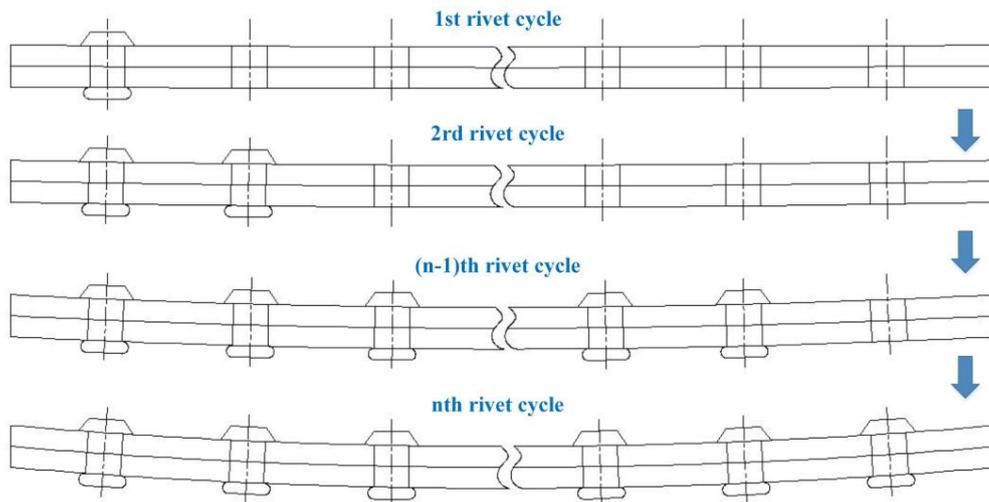
4.2.1 Analyse des Mehrnagelnietprozesses

Entsprechend den unterschiedlichen Nietverfahren können während des Nietprozesses die Lochherstellung und Nietmontage kontinuierlich durchgeführt werden, beispielsweise kann der Bohr- und Nietautomat den integrierten Betrieb von Bohren, Senken, Pressnieten und Fräsen in einer Station realisieren; es kann auch Schritt für Schritt durchgeführt werden: Zuerst wird das Loch gebohrt und dann der Reihe nach das Nieten. In diesem Abschnitt nehmen wir das Langblech als Beispiel, um das Spannungs- und Dehnungsübertragungsgesetz mehrerer Nieten während des Nietprozesses zu analysieren. Abbildung 4-1 zeigt ein schematisches Diagramm des Verbindungsvorgangs mit mehreren Nägeln. Jeder Nietzyklus umfasst die 4 Stufen in Abschnitt 3.2. Der aktuelle Nietzyklus verwendet den Endzustand des vorherigen Nietzyklus als Ausgangszustand. Nietmontage, Nagellochfüllung, Stauchen und Rückfedern werden nacheinander ausgeführt. Die Spannungs- und Dehnungsfelder schließen sich gegenseitig aus. Die Kopplung bildet den endgültigen Spannungszustand und die Verformungsverteilung der Wandplatte. Daher spielt die Analyse des Spannungs- und Dehnungszustandes der Mehrnagel-Verbindungsstruktur eine wichtige Rolle bei der Aufdeckung des Verformungsgesetzes.

Wie in Abbildung 4-1(b) gezeigt, wird die Platte nach der Montage des ersten Nietes unter der Einwirkung des Nietens bis zu einem gewissen Grad verformt. Der zweite Nietzyklus bildet die Grundlage für die Verformung nach dem Ende des ersten Nietzyklus. Mit fortschreitendem Nietzyklus nimmt die Verformung der Platte weiter zu, bis der n-te Nietzyklus endet.



(a) Verteilung der Nietpunkte



(b) Nietprozess mit mehreren Nägeln

Abbildung 4-1 Schematische Darstellung des Mehrnagelnietprozesses

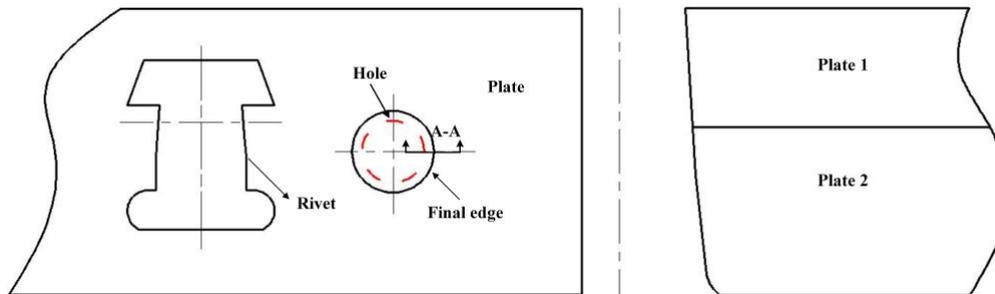
4.2.2 Spannungsübertragung beim Mehrnagelnieten

Mit der theoretischen Analyse des Einnagelnietprozesses in Kapitel 2 kann das Spannungsverteilungsgesetz der verbundenen Teile in radialer Richtung erhalten werden, und die durch das eigentliche Nieten verursachten radialen Spannungen und Dehnungen sind in Dickenrichtung ungleichmäßig verteilt. Formung der Biegeverformung des Nieteteils Theoretische Modellanalyse hat gewisse Einschränkungen. Der Einzelnagel-Stressmessversuch zeigt, dass die numerischen Simulations- und Testergebnisse grundsätzlich konsistent sind und es daher möglich und wirtschaftlich ist, numerische Methoden zur Untersuchung des Spannungszustandsübertragungsgesetzes von Mehrnagelstrukturen einzusetzen.

4.3 Kraftanalyse der Nietbaugruppe

Nach dem Nieten ist die durch das Nagelloch in Dickenrichtung erzeugte Interferenz unterschiedlich, was zu einer ungleichmäßigen Verteilung der radialen Ausdehnung und der radialen Spannung führt, wie in Abbildung 4-5 gezeigt. Aufgrund der ungleichmäßigen Ausdehnung der oberen und unteren Platten in radialer Richtung kommt es beim Vernieten mehrerer Nieten entlang der Nietnaht zu einer gewissen

Biegeverformung der Platten Platten können manchmal verformt werden, es entsteht ein gewisser Spalt und die Platte zeigt sogar eine wellenförmige Verformungsverteilung.



(a) Zusammenbauzeichnung nach dem Nieten

(b) Nagelloch A-A Schnitt

Abbildung 4-5 Schnitt um das Loch nach dem Einzelnagelnieten

Aus der Analyse der Nietspannung in Kapitel 2 kann geschlossen werden, dass nach dem Nieten eine Montagespannung zwischen dem Nagelloch und dem Niet besteht. Dieser Artikel konzentriert sich auf die Analyse der Verformung des verbundenen Teils. Daher wird die Kraft des Nietes auf die verbundene Teil ist der Schlüssel zur Analyse. Zunächst wird der Spannungszustand eines einzelnen Nietes für die Analyse ausgewählt. Da das Nietloch näherungsweise als eine achsensymmetrische Verteilung betrachtet wird, ist es bequemer, ein zylindrisches Koordinatensystem für die Modellierung zu wählen. Das Nietloch wird einer in Dickenrichtung ungleich verteilten radialen Presskraft p und gleichzeitig den Presskräften F_1 und F_1' des Stauchkopfes und des Nagelkopfes ausgesetzt und Nagelkopfkräfte sind der Stauchkopf bzw. der Nagelkopf. Der Bereich, in dem der Nagelkopf das Plattenmaterial berührt, dh im Ring mit dem Durchmesser des Kopfes und dem Durchmesser des Nagelkopfes als Größe, wie gezeigt in Abbildung 4-6. Die theoretische Berechnung der Mehrnagelnietverformung muss auf der lokalen Verformungsanalyse des Einnagelnietens basieren, und ein bestimmtes mechanisches Äquivalent kann verwendet werden, um ein theoretisches Modell zu konstruieren, das für die Gesamtverformungsbewertung des Mehrnagelnietens geeignet ist.

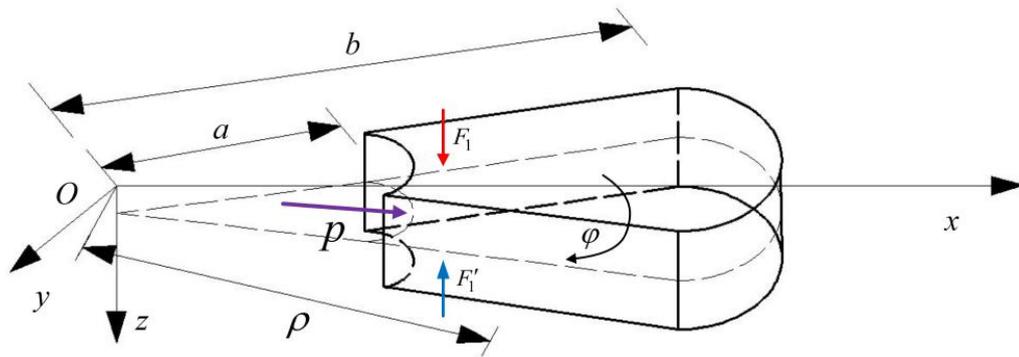


Abbildung 4-6 Kraftanalyse Nietloch

4.4 Nietverformung mit mehreren Nägeln

Die Nietverformung hängt nicht nur mit den geometrischen Abmessungen und Nietparametern der verbundenen Teile zusammen, sondern auch mit der Nietreihenfolge. Viele Faktoren lassen sich bei der Modellierung nur schwer berücksichtigen. In diesem Abschnitt wird der Einfluss der Nietreihenfolge auf die Verformung ignoriert. Beim Vernieten von Nieten gleicher Spezifikation sind die Nietparameter gleich und der gebildete Spannungszustand grundsätzlich gleich: Bei dem in der Konstruktion vorgegebenen Nietabstand $p=5d_0$ ist nach der Analyse in Abschnitt 4.2 das Spannungsfeld gehört zur Überlagerung des elastischen Spannungsfeldes. Das Berechnungsmodell ist in Bild 4-7 dargestellt.

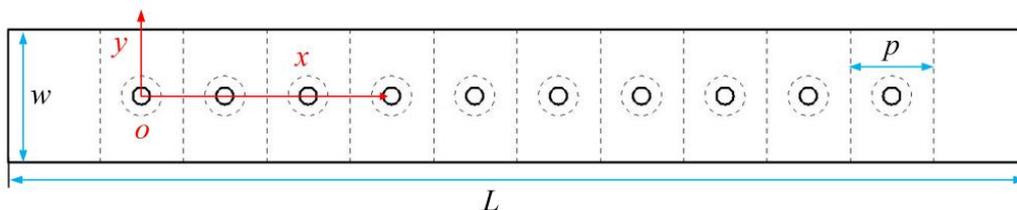
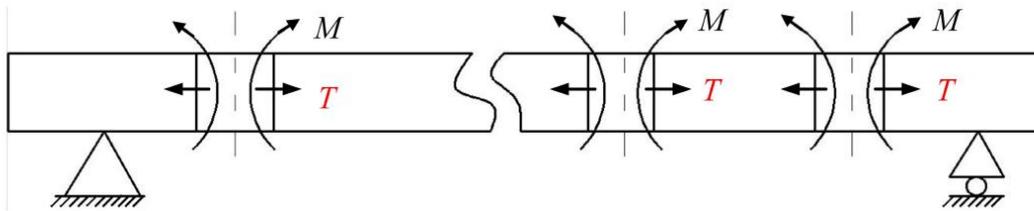


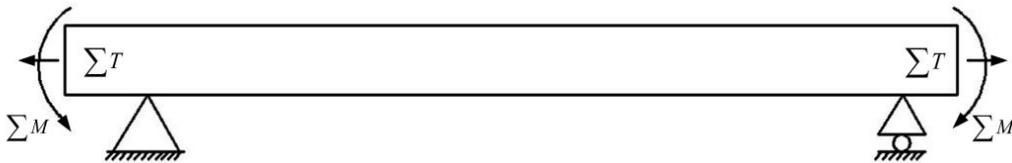
Abbildung 4-7 Strukturdiagramm des Zehnnagelmodells

Ähnlich wie beim Vernieten von langen Leisten ist die Vernietung entlang des langen Stringers bei der Montage von Wandpaneelen ähnlich. Im Allgemeinen werden die Positionierungsnägel in einem bestimmten Abstand zuerst entlang des langen

Stringers genietet und dann nacheinander genietet. Wie oben erwähnt, umfasst die Verformung von genieteten Teilen hauptsächlich eine Dehnung in der Ebene sowie eine Biegung und eine Torsionsverformung außerhalb der Ebene. Zur Vereinfachung der theoretischen Analyse und Modellierung wird angenommen, dass das Teil durch eine einfache Unterstützung mit einem fixierten Ende eingeschränkt wird Scharnier und ein Ende bewegliches Scharnier Die normale Verschiebung ist in Abbildung 4-8 dargestellt.



(a)Kraftanalysediagramm



(b)Vereinfachtes Analysediagramm

Abbildung 4-8 Kraftanalyse Mehrnagelblech

5 Nietausrüstung und automatisches Bohr- und Nietsystem

5.1 Nietgeräte

Verschiedene Arten von Nietgeräten können unterschiedliche Nietprozessanforderungen mit unterschiedlicher Nennleistung, Ausgangskraft, kombinierter Nietdicke, Nietarbeitszykluszeit und anderen Parametern erfüllen. Die Auswahl kann umfassend nach den Anforderungen des Nietprozesses, der Größe des Raumes um die Nietteile und der Größe der Abtriebskraft gewählt werden.

5.1.1 Zangentyp

Eigenschaften des Zangentyps:

- (1) Leicht zu tragen, einfache Bedienung, Leistungsmodus kann je nach Einsatzbedingungen ausgewählt werden.
- (2) Der einstellbare Bereich der Verbindungskraft beträgt (35 ~ 50) kN.
- (3) Der Crimpzyklus beträgt 3 ~ 6 s/Zeit und das maximale Material Dicke 3,0 mm, C-Typ Pinzetten mit unterschiedlichen Halstiefen können angepasst werden.

Anwendungsgebiete: Selbstlochende Handzangen werden hauptsächlich eingesetzt für große feststehende Werkstücke, Prototypenfertigung in der Versuchswerkstatt, Ergänzung von Fertigungslinien-Verbindungseinrichtungen, Montage und Wartung vor Ort.



Abbildung 5-1 Druckluft-Handzangen-Stanznietgerät



Abbildung 5-2 Akku-Handzangen-Nietmaschine

Ausstattungsmerkmale:

- (1) Hohe Flexibilität, abgestimmt auf Bändchennieten,
- (2) Automatisches Zuführen und Positionieren der Niete,
- (3) Anschlusskraft je nach Anwendung beliebig einstellbar und einstellbar,
- (4) Kurze Nietzeit 1~3s/ Zeit, die maximale Materialstärke ist 6.0mm,
- (5) Die nietende Qualität kann ohne Schaden kontrolliert werden,
- (6) Die Struktur ist kompakt und einfach zu reparieren.

Im Vergleich zum Handspannertyp wird der Nietvorgang automatisch überwacht, um die Nietqualität sicherzustellen. Produktionsparameter, Prozessparameter und Ergebnisdaten können gespeichert werden, um die Analyse der Fehlerursachen und die Prozessverbesserung zu erleichtern. Der Druck ist optional und der Hub ist optional.

Anwendungsgebiete: Hauptsächlich eingesetzt in der Automobilindustrie, automatisierten Fertigungsstraßen, Roboter-Nieteinheiten, Verkehrsschildern, die eine Überwachung des Nietprozesses erfordern und anderen Industrien.



Abbildung 5-3 Ausrüstung der Fabrik in Pulais



Abbildung 5-4 Ausrüstung der Fabrik in Swansea

5.1.2 CNC-Servotyp

Ausstattungsmerkmale:

- (1) Kundenspezifische Ausstattung für die unterschiedlichen Produktionsanforderungen des Kunden,
- (2) Modularer Aufbau, der Systemaufbau ist kompakt und platzsparend kombinierbar,
- (3) Die Vernietung erfolgt 1 s/Zeit, die maximale Materialstärke beträgt 10,0 mm,
- (4) Automatische Überwachung des Nietprozesses zur Sicherstellung der Nietqualität,

- (5) System-Selbstdiagnosefunktion, einfach zu warten,
- (6) Produktionsparameter, Prozessparameter und Ergebnisdaten können gespeichert werden, einfache Ursachenanalyse Fehler und Prozessverbesserung,
- (7) mit Robotern kombinierbar Freies Andocken zur Realisierung industrieller Automatisierung.

Im Vergleich zu hydraulischen Geräten bietet es die Vorteile mehrerer Modi, einschließlich Einstellmodus, Nietmodus und Wartungsmodus, die unterschiedliche Betriebsanforderungen erfüllen können. Der Touch-Modus-Steuerungsbildschirm macht die Mensch-Computer-Interaktion reibungsloser. Es kann frei an Roboter andockt werden, um eine industrielle Automatisierung zu realisieren.

Anwendungsgebiete: experimentelle Versuchsfertigung, automatisierte Fertigungsstraßen, Roboter-Nieteinheiten.



Abbildung 5-5 Ausrüstung der Fabrik in Pulais

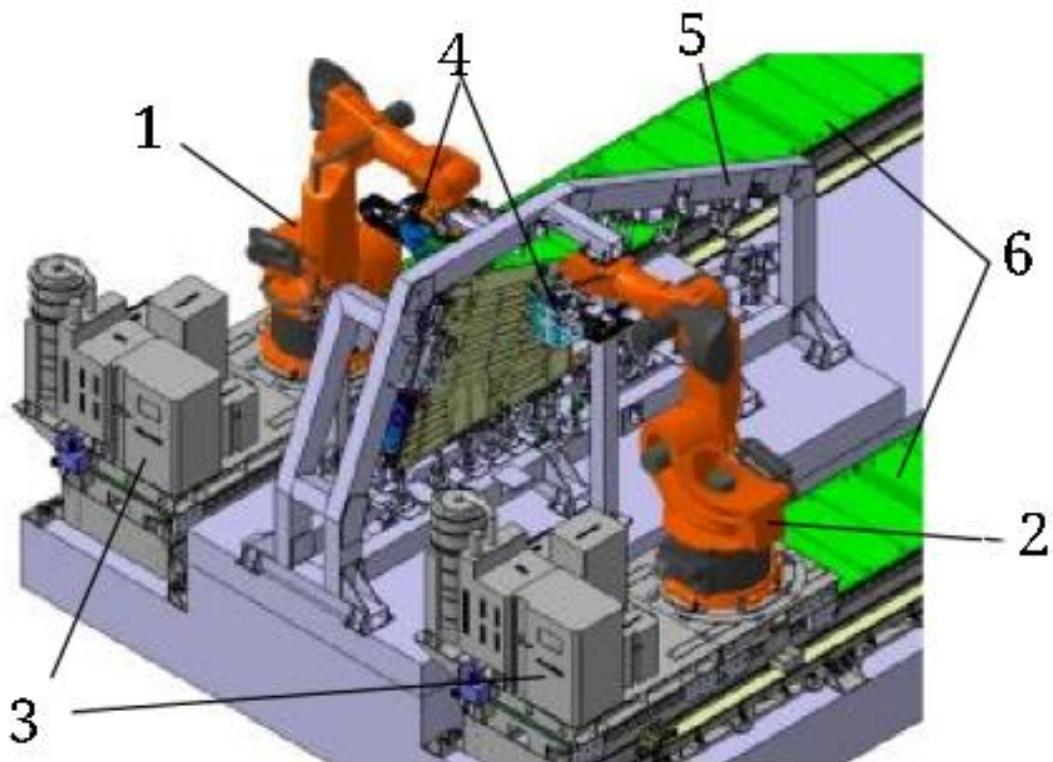
Abbildung 5-6 Ausrüstung der Fabrik in Swansea

5.2 Automatisches Bohren und Nieten in Zusammenarbeit mit Doppelrobotern

5.2.1 Systemaufbau

Das kollaborative automatische Bohr- und Nietsystem mit zwei Robotern basiert auf einem sechssachsigen Tandem-Industrieroboter als Kern und ist ein flexibles automatisiertes Montagesystem für Flugzeugkomponenten, das multifunktionale Endeffektoren, Hochleistungs-Bodenschienen, Werkzeuge und integrierte Kontrollsysteme. Wie in Abbildung 5-7 dargestellt, werden auf beiden Seiten des

Werkzeugschwerlast-Bodenschienenverleger. Zwei KUKA KR500 Roboter sind gegenüberliegend angeordnet. Roboter Nr. 1 (R1) ist mit einem locherzeugenden beidseitigen Vernietungsendeffektor ausgestattet, der die einmalige Fertigung von Flugzeugteilen abschließen kann. Für Bohrungen, Senkungen, Nieten und ähnliche Inspektionsaufgaben ist der Roboter Nr. 2 (R2) mit einem locherzeugenden Hilfsniet-Endeffektor ausgestattet, der die Nr. 1 Roboter zum doppelseitigen Pressen und Hilfsnieten bei der Herstellung von Löchern und kann auch die automatische Fertigung unabhängig durchführen. Die Montagelinie dient zum Spannen der Flugzeugteile in verschiedenen Prozessschritten.



1. Roboter Nr. 1 2. Roboter Nr. 2 3. Schaltschrank
4. Endeffektor 5. Werkzeug 6. Robuste Bodenschiene

Abbildung 5-7 Die Zusammensetzung des kollaborativen automatisierten Bohr- und Nietsystems mit zwei Robotern

Wenn das kollaborative automatische Bohr- und Nietsystem mit zwei Robotern die Montage von Komponenten übernimmt, koordiniert das integrierte Steuerungssystem die Steuerung von Roboter, Endeffektor und Bodenschiene. Der Roboter führt die

Endeffektorbewegung und die präzisen Positionierungsaufgaben aus und der Endeffektor beendet Lochherstellung und Nieten.

Dann führt die Erdumlaufbahn die Transferaufgabe aus, so dass der Roboter die Verarbeitungsaufgabe Station für Station ausführen kann. Das gesamte System kann die doppelseitige Verdichtungspräzisionslochherstellung und das doppelseitige Nieten in einer kollaborativen Doppelroboter-Weise realisieren und kann auch die automatische einseitige Verdichtungslochherstellungsverarbeitung durch einen einzigen Roboter unabhängig durchführen.

5.2.2 Anwendungsobjekt

Dieses Dual-Roboter-System ist ein automatisches Bohr- und Nietsystem, das für die Montageanforderungen von kleinen und mittleren Flugzeugtragflächenkomponenten entwickelt wurde. Die Hauptanwendungsobjekte sind die Tragflächentankmontage und die Tragflächenmontage.



Abbildung 5-8 Typische Tragflächenstruktur kleiner und mittlerer Flugzeuge

Der Flügelkraftstofftankabschnitt des mittleren und kleinen Flugzeugs nimmt das integrierte Flügelkraftstofftankdesign an, bei dem es sich um ein abgedichtetes kastenförmiges Teil handelt, das aus oberen und unteren integralen Wandplatten und mehreren Trägern und Rippen besteht, wie in Abbildung 5-8 gezeigt. Die Montageaufgaben des Roboters konzentrieren sich auf das automatische Lochen und Vernieten der oberen und unteren Wandpaneele sowie der Balken und Rippen. Die

Montageverbindung zwischen Balken und Rippen kann vom Roboter wegen zu geringer Freiraum manuell vormontiert Die Bestückung und Positionierung erfolgt durch die Werkzeugaufnahme.

Wenn die untere Wandplatte vom Roboter montiert wird, verwendet das System den kooperativen Arbeitsmodus mit zwei Robotern, um Löcher zu bohren und die untere Wandplatte und das Skelett zu vernieten, wie in Abbildung 5-9 gezeigt. Die beidseitige Verdichtung der Bohrposition durch die Roboter verbessert die Systemsteifigkeit, unterdrückt das lochbildende Rattern und die durch das Bohren verursachten Zwischenschichtgrate, verhindert das Eindringen von Spänen in das Laminat und gewährleistet die Zuverlässigkeit der Laminatdichtung. Entsprechend dem elektromagnetischen Nietarbeitsmodus und den Anforderungen an die Abdichtung des Tankabschnitts wird das beidseitige Nieten von den Dual-Robotern durchgeführt.

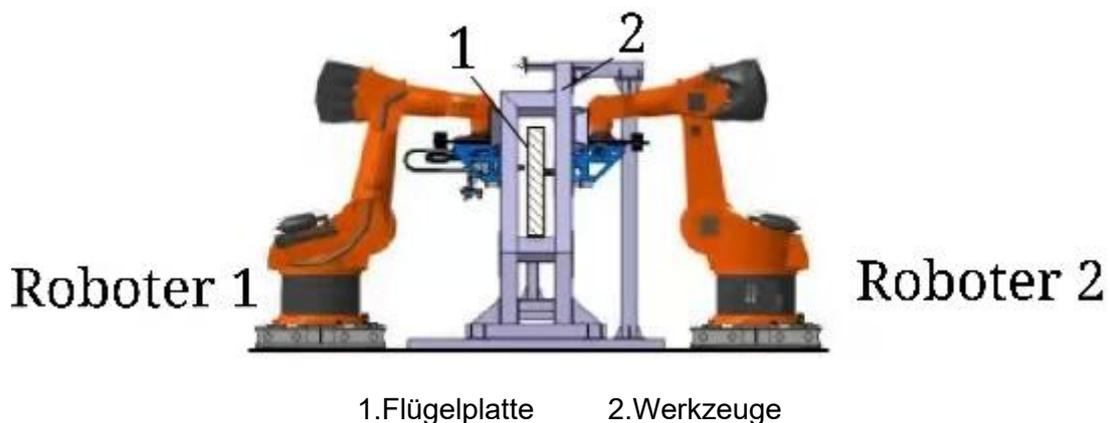


Abbildung 5-9 Kollaboratives Bohren und Nieten mit Doppelroboter

Wenn das untere Wandpaneel zusammengebaut ist und das obere Wandpaneel zusammengebaut ist, ist der Innenraum des Flügels geschlossen und es ist unmöglich, eine doppelseitige Drucklochherstellung und Vernietung durchzuführen. seitliches Pressen, Lochen und Nieten an der oberen Wandplatte.

5.2.3 Arbeitsablauf von Tragflügelkomponenten

Entsprechend der Modulzusammensetzung des Dual-Roboter-Systems, der Arbeitsweise, der strukturellen Eigenschaften der Flügelteile und der Analyse des Montageinhalts führt das Dual-Robot-System den Arbeitsablauf der automatischen Bohr- und Nietmontage der Flügelteile durch:

- (1) Skelettvormontage, Rahmenklemmung und Positionierung auf der unteren Wandplatte, Montage des verlängerten Druckfußes am Ende des Rahmenseitenroboters R2 und integrierte Steuerung zur Analyse des Bearbeitungsprogramms,
- (2) Bewegen Sie die Dual-Roboter auf der Bodenumlaufbahn zur Zielstation und verriegeln Sie sie. Die Benchmark-Erkennungsaufgabe wird gestartet. Der Roboter lokalisiert die Benchmark-Position, scannt den Benchmark am Ende und schließt die Programmkorrektur ab.
- (3) Der wandplattenseitige Roboter R1 wird an der zu bearbeitenden Position positioniert, und der gerüstseitige Roboter R2 bewegt sich entlang der Ausweichbahn, so dass der Enddruckfuß in den halbgeschlossenen Raum des Skeletts eintritt und an der Position . positioniert wird verarbeitet werden.
- (4) Starten Sie das normale Ausrichtungsmodul am Ende des Wandpaneels, um die Haltung anzupassen, und passen Sie das Ende der Skelettseite entsprechend an, um die Koaxialität beider Enden sicherzustellen.
- (5) Drücken Sie die Druckfüße auf beiden Seiten heraus, führen Sie die doppelseitige Verdichtung durch und erledigen Sie die Aufgaben des Bohrens, Senkens, Führens von Nägeln und doppelseitigem Nieten. Die Druckfüße auf beiden Seiten sind eingefahren und die Doppelroboter werden zum nächsten Zielpunkt entlang der Ausweichtrajektorie positioniert. ,
- (6) Die Doppelroboter führen Station für Station und Sequenz für Sequenz koordinierte Montageaufgaben durch, bis die Nietmontage der unteren Wandplatte abgeschlossen ist.
- (7) Montage und Klemmpositionierung an der oberen Wandplatte, Entfernen des verlängerten Druckfußes vom Ende des Roboters R2,
- (8) Allein der Roboter R2 vervollständigt die Aufgabe, automatisch Löcher in die obere Wandplatte zu bohren.

6 Zusammenfassung

Die Entwicklung der Luftfahrtindustrie und ihrer automatisierten Montagetechnologie hat einen erheblichen wirtschaftlichen Wert und eine strategische Bedeutung, und der Einsatz automatischer Bohr- und Niettechnologie in der Flugzeugmontage wird die Produktionseffizienz und Produktqualität erheblich verbessern. Die Forschung zur automatischen Bohr- und Niettechnik ist allmählich ausgereift und entwickelt sich zu einem flexiblen automatisierten Montagesystem mit Robotern, flexiblen Spezialwerkzeugen und Koordinatenmessmaschinen.

Ich schlug ein kollaboratives Bohr- und Nietsystem mit zwei Robotern für die Montage von großen Flugzeugpaneelteilen vor. Dieses System erfordert eine technische Integration in mehreren Bereichen, darunter verschiedene flexible Positionierwerkzeuge, Industrieroboter, hochpräzise Messsysteme auf Basis von Lasertrackern und die Hauptsteuerungssoftware zur Steuerung automatischer Bohr- und Nietvorgänge. Der automatische Niet-Nietprozess auf Basis des Dual-Robot-Kollaborationsbetriebssystems umfasst automatisches Bohren, automatische Nagelzuführung, automatisches Topping, automatisches Nieten und automatisches Schafffräsen. Als Voruntersuchung dieser Großmontageanlage liegt der Fokus dieses Beitrags auf der Untersuchung des Roboter-Bohr- und Nietterminals und der Auslegung der tragenden Nagelzuführung dafür.

Die konkrete Arbeit lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Untersuchen und studieren Sie den Entwicklungsstand, den Forschungstrend und den Einsatz von automatischer Bohr- und Niettechnik und Ausrüstung in der Flugzeugmontage in der Luftfahrtindustrie im In- und Ausland und stellen Sie die Bedeutung und die wichtigsten Forschungsinhalte dieses Artikels vor.

Basierend auf der Analyse der Rumpfsseitenwandplattenstruktur und der Verbindungsart der Hauptteile im Großflugzeug werden die Funktionen jeder Komponente des kollaborativen automatischen Bohr- und Nietsystems mit zwei Robotern und der Prozess des automatischen Bohrens mit zwei Robotern vorgestellt und das Zusammenfügen der Wandpaneelkomponenten durch Nieten wird ausgearbeitet.

Analysieren Sie die Anforderungen an den Montageprozess von

Flugzeugtragflächenprodukten und die technischen Eigenschaften der Ausrüstung selbst. Ausgehend von der Zusammensetzung des automatischen Bohr- und Nietsystems mit zwei Robotern, der Arbeitsweise und dem Montageprozess von Tragflächenkomponenten, den Funktionen und Prozessen der Roboter-Bohr- und Niet-Klemmenbetätiger werden entsprechend den Montageanforderungen formuliert, wobei der Aufbau des Klemmbetätigers und dessen Nietsetz- und Anziehvorrichtung vorkonstruiert und ein einfacher Klemmbetätiger konstruiert und gefertigt wurde.

7 Quellenangaben

- [1] Jia Yuhong, He Jingwu. Moderne Flugzeugfertigungstechnologie[M] Peking: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2010.
- [2] Yu Long, Zhang Yilian, Wang Yuhan, ua Forschungsstand der automatischen Bohr- und Niettechnologie von Flugzeugen und ihrer Schlüsseltechnologien [J] Aeronautical Manufacturing Technology, 2017, 528(9): 16-25.
- [3] Jeffreys D, Leaney P G. Dimensional control as an integral part of next-generation aircraft development[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 2000, 214(9): 831-835.
- [4] Cai W. A new tolerance modeling and analysis methodology through a two-step linearization with applications in automotive body assembly[J]. Journal of Manufacturing Systems, 2008, 27(1): 26-35.
- [5] Cai W. Robust pin layout design for sheet-panel locating[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006, 28(5): 486-494.
- [6] Cai W, Hu S J, Yuan J X. Deformable sheet metal fixturing: principles, algorithms, and simulations[J]. Journal of manufacturing science and engineering, 1996, 118(3):318-324.
- [7] Li G, Shi G, Bellinger N C. Study of the residual strain in lap joints[J]. Journal of Aircraft, 2006, 43(4): 1145-1151.
- [8] Li G, Shi G, Bellinger N C. Studies of residual stress in single-row countersunk riveted lap joints[J]. Journal of Aircraft, 2006, 43(3): 592-599.
- [9] Li G, Shi G. Effect of the riveting process on the residual stress in fuselage lap joints[J]. Canadian Aeronautics and Space Journal, 2004, 50(2): 91-105.
- [10] Li G, Shi G, Bellinger N C. Effects of fastener clearance fit and friction coefficient on the stress condition in triple-row riveted lap joints[J]. Proceedings of 51st AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC, 2010.
- [11] Muller RPG. An experimental and analytical investigation on the fatigue behavior of fuselage riveted lap joints[D]. Doctor thesis, Delft University of Technology, Oct. 1995.
- [12] De Rijck J J M, Homan J J, Schijve J, et al. The driven rivet head dimensions as an indication of the fatigue performance of aircraft lap joints[J]. International Journal of Fatigue, 2007, 29(12): 2208-2218.
- [13] Wang Yubo, Yu Lu, Hong Huazhou ua Ermüdungsleistungsanalyse von automatischen Bohr- und Nietverbindern [J] Journal of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2012, 44(B04): 52-55.
- [14] Yuan Zhen, Sun Ying, Hu Weiping ua Forschung zur Spannungsverteilung um das Nietloch von Plattenverbindern [J] Proceedings of the 20th Annual Meeting of the

Beijing Society of Mechanics, 2014.

[15] Cheraghi S H. Effect of variations in the riveting process on the quality of riveted joints[J]. The International journal of advanced manufacturing technology, 2008, 39(11):1144-1155.

[16] Kelly B, Costello C. FEA modelling of setting and mechanical testing of aluminum blind rivets[J]. Journal of materials processing technology, 2004, 153: 74-79.

[17] Chen N, Ducloux R, Pecquet C, et al. Numerical and experimental studies of the riveting process[J]. International Journal of Material Forming, 2011, 4(1): 45-54.

[18] Zhang Qiliang, Cao Zengqiang, Qin Longgang ua Numerische Simulation des elektromagnetischen Nietens von Titanlegierungen [J] Rare Metal Materials and Engineering, 2013, 42(9): 1832-1837.

[19] Liu Lianxi, Li Xining, Wang Zhongqi ua Experimentelle Forschung zur automatischen Bohr- und Niettechnologie von kopflosen Nieten [J] Journal of Northwestern Polytechnical University, 2013, 31(1): 77-82.

[20] Li Yihuan, Cao Zengqiang, Zhang Qiliang ua Forschung zum Einfluss des Nietwerkzeugwinkels auf die Nietqualität[J] Acta Aeronautica Sinica, 2013,34(2): 426-433.

[21] Cao Zengqiang, She Gongfan, Forschung zur Verformung von Nietmaterialien unter verschiedenen Belastungsraten [J] Journal of Northwestern Polytechnical University, 2000, 18(1): 27-30.

[22] Abdelal G F, Georgiou G, Cooper J, et al. Numerical and experimental investigation of aircraft panel deformations during riveting process[J]. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2015, 137(1): 011009.