

ТЕХНОЛОГІЯ, ОБЛАДНАННЯ ТА ІНСТРУМЕНТ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 621.833.002

І.Є. ГРИЦАЙ

Національний університет "Львівська політехніка"

СУЧАСНЕ ОБЛАДНАННЯ З ЧПК ТА ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ЧИСТОВОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

© Грицай І.Є., 2008

Наведено огляд сучасного обладнання з ЧПК для високопродуктивного та якісного виконання чистових операцій виготовлення циліндричних зубчастих коліс, сучасні зубообробні інструменти та спорядження.

Some principles of constructing and production the gear-cutting machines, equipment and instruments for the gear-wheels finish cutting to be described.

Актуальність проблеми. Зубчасті колеса належать до найпоширеніших деталей машин, які виготовляють великими обсягами та річними програмами. Для їх нарізання та чистового оброблення провідні світові фірми розробляють високопродуктивні сучасні верстати з ЧПК нового покоління, створені за передовою технологією сухого високошвидкісного оброблення металів різанням ("High speed cutting / High speed machining"). На рис. 1 показано приклад високодинамічних верстатів німецької фірми Liebherr-Verzahntechnik GmbH для виготовлення зубчастих коліс, побудованих за модульним принципом на основі однієї базової моделі. У конструкції цих верстатів, які можуть слугувати прикладом основних напрямків розвитку виробничих стратегій в галузі зубооброблення втілені передові концепції автоматизації виробничого процесу.

Важливе значення в реалізації тенденції HSC/HSM мають сучасні інструментальні системи та системи уніфікованого технологічного спорядження з орієнтацією на індивідуальний керований привід окремих інструментів. Можна відмітити такі основні напрямки розвитку інструментів та інструментальних систем: створення нових і удосконалення відомих систем автоматичної та ручної заміни інструментів; удосконалення конструкції інструментальних магазинів; розроблення систем точного позиціонування інструментів у робочому просторі верстата, створення систем активного контролю стану інструментів під час роботи та виявлення ушкоджень; розроблення ефективних систем кодування інструментів і введення інформації про них у пам'ять процесорних блоків; удосконалення процесів збереження на складах і транспортування інструментів та спорядження; уніфікування та стандартизація інструментальних блоків, базових поверхонь (посадних отворів, конусів, оправок) і окремих елементів; створення систем подачі у зону різання мастильно-охолоджувальних середовищ під високим тиском.

Аналіз сучасного обладнання та інструментів для чистового зубооброблення. Основними методами чистового оброблення загартованих зубчастих коліс і коліс після хіміко-термічного оброблення є зубошліфування та зубохонінгування. На сучасних зубошліфувальних верстатах з ЧПК є можливість чистового оброблення модифікованих по профілю та висоті зубців. У зубошліфувальних верстатах родини LCS передбачена можливість шліфування зубчастих коліс і

дисковими, і черв'ячними шліфувальними кругами, тобто закладена подвійна технологія шліфування зубців без зміни інструментів. Така концепція забезпечує технологічну гнучкість обладнання: високопродуктивне чистове оброблення зубчастих коліс черв'ячними кругами в масовому виробництві, а разом з тим – високоточне профільне шліфування зубчастих коліс дисковими профільними шліфувальними кругами в мало- та середньосерійному виробництві (рис.2).

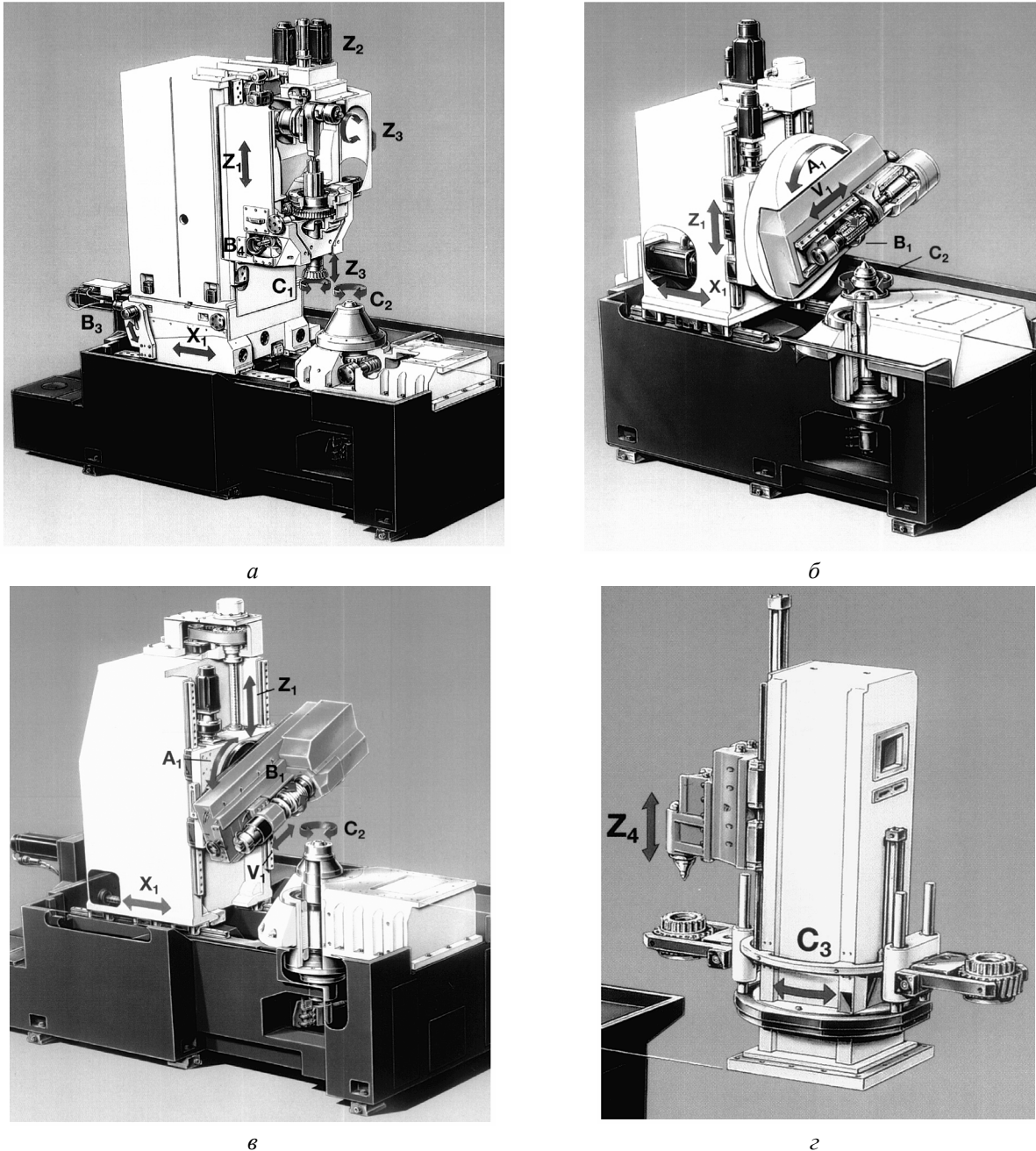


Рис. 1. Зубообробні верстати з ЧПК фірми Liebherr-Verzahntechnik GmbH: а – зубодобальний верстат мод. LFS18; б – зубофрезерний верстат мод. LC80 ; в – зубошліфувальний верстат мод. LCS180; г – стійка з механізмом заміни деталей

На рис.3 зображено комбіновані інструменти: для зубошліфування: грубозернистий черв'ячний шліфувальний круг (глибина різання до 0,12 мм); дрібнозернистий черв'ячний шліфувальний круг для чистового шліфування (глибина різання – не більше 0,03 мм на прохід);

дрібнозернистий інструмент для оброблення зубчастих колі малих модулів (до 2 мм). Найвищої продуктивності процесу досягають використанням багатозахідних шліфувальних кругів для чорнового шліфування (рис. 3, б). Безпосередній динамічний привід за допомогою сервоелектрошпинделя забезпечує високу частоту обертання заготовки з одночасним високоточним її позиціонуванням та швидкою індексацією за 5–8 програмно контрольованими координатами.



Рис. 2. Інструменти для шліфування зубчастих коліс на верстаті мод. LCS180

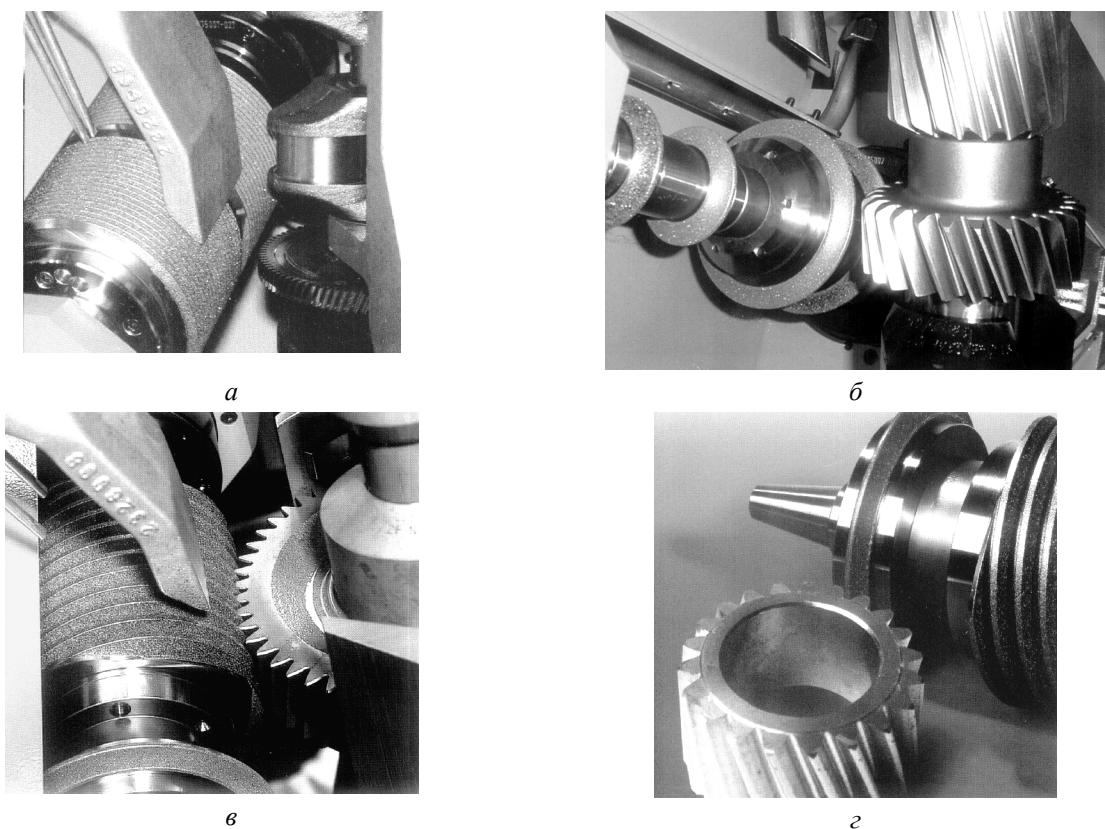


Рис. 3. Способи шліфування зубчастих коліс на верстаті мод. LCS180:

а – черв'ячним багатозахідним кругом; б – дисковими кругами; в, г – комбінованим інструментом

для високоточного шліфування зубчастих коліс профільними кругами

Високопродуктивним методом чистового оброблення, який заміняє у великосерійному і масовому виробництві дорогий і малопродуктивний процес шевінгування зубчастих коліс й забезпечує високу стабільну точність та якість робочих поверхонь зубців, є хонінгування. Інструментом слугують абразивні хони із керамічною зв'язкою або алмазні з металічною зв'язкою великого діаметра із внутрішніми зубцями відповідного модуля за кінематикою внутрішнього зубчастого зачеплення („коронарне хонінгування”). Процес здійснюють одним із способів: а – почерговим хонінгуванням поверхонь зубців зубчастого колеса по одній, а потім по іншій системі профілів з реверсом обертового руху інструмента, з радіальною подачею та зміною відносного кута схрещення осей інструмента і деталі; б – хонінгуванням у двосторонньому безззорному зачепленні зі зміною або без зміни напрямків обертання деталі та інструмента з радіальною подачею.

На рис. 4 показано типові операції оброблення зубчастих коліс та правлення хонінгувального інструмента алмазними правильними інструментами на прикладі зубохонінгувального верстата з ЧПК мод. К-300 фірми Fässler.

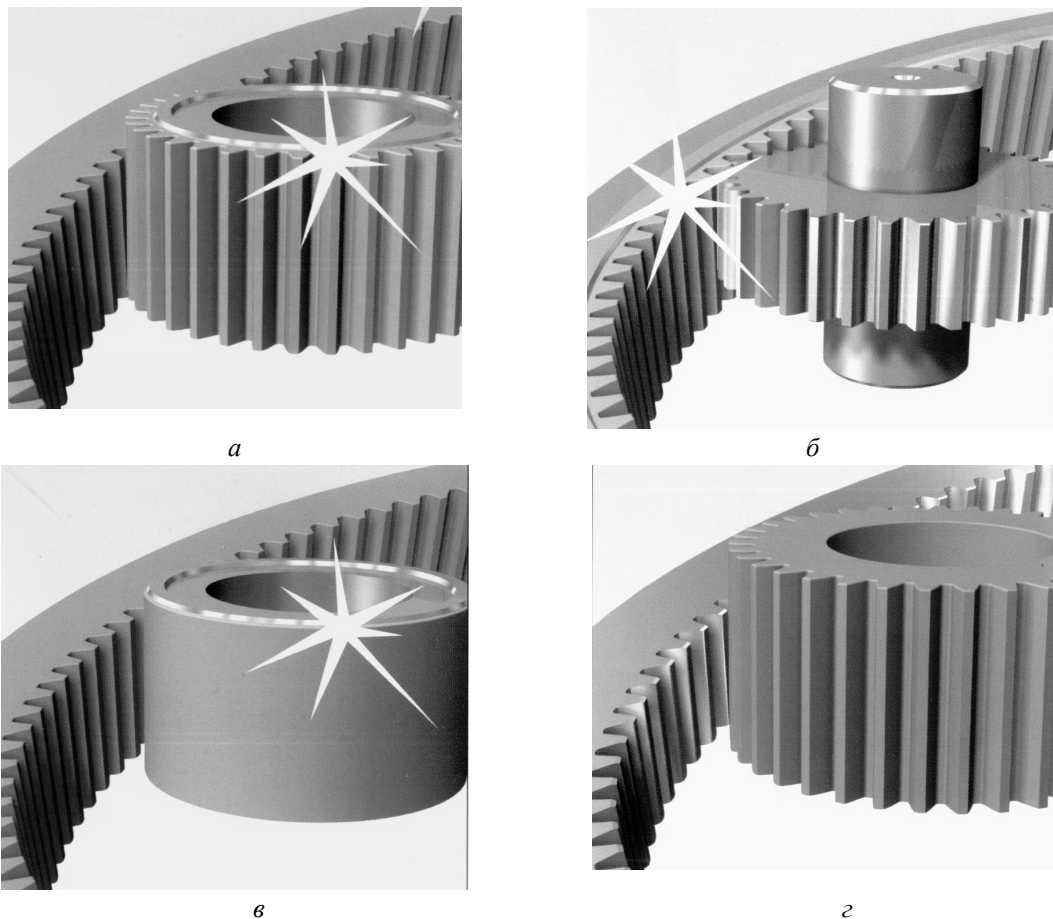


Рис. 4. Схема двопрофільного безззорного хонінгування зубців з реверсом обертового руху та радіальною подачею на верстаті з ЧПК мод. К-300: а – правлення хону алмазним інструментом; б – чорнове оброблення зубчастого колеса збірним інструментом із алмазним вінцем; в – правлення хону за діаметром головок зубців алмазним кругом; г – чистове оброблення зубчастого колеса спеціальним хонінгувальним інструментом

Для автоматичної заміни обробних деталей використовують маніпулятор, керований програмно від єдиної системи ЧПК верстата. За допомогою цього маніпулятора здійснюють також періодичне становлення правильного інструмента в шпиндель. Цикл правлення хону залежить від

його типу і періоду стійкості. Наприклад, під час обробки зубчастих коліс із $z = 24$, $m = 2,6$ мм, $h = 51$ мм абразивним керамічним інструментом правлення виконують після оброблення понад 80 деталей. Деталі подають в робочу зону і вилучають ланцюговим механізмом, рух якого також запрограмований системою ЧПК.

Для охолодження інструмента й деталі під час оброблення найчастіше застосовують оливу – повітряну імлу, а верстати споряджають блоком для приготування охолоджувальної речовини, її фільтрування та регенерацію. У верстатах мод. К-300 обидві супортні бабки встановлено на гранітній плиті, що дало змогу істотно погасити коливання та вібрації й практично усунути теплове розширення станини. Для заміни інструмента шпиндель переводять із горизонтального у вертикальне положення, а хон закріплюють у гнізді шпинделя за допомогою механізму з гідравлічним приводом. Основні способи закріплення деталей на зубохонінгувальному верстаті мод. К-300 показано на рис. 5.

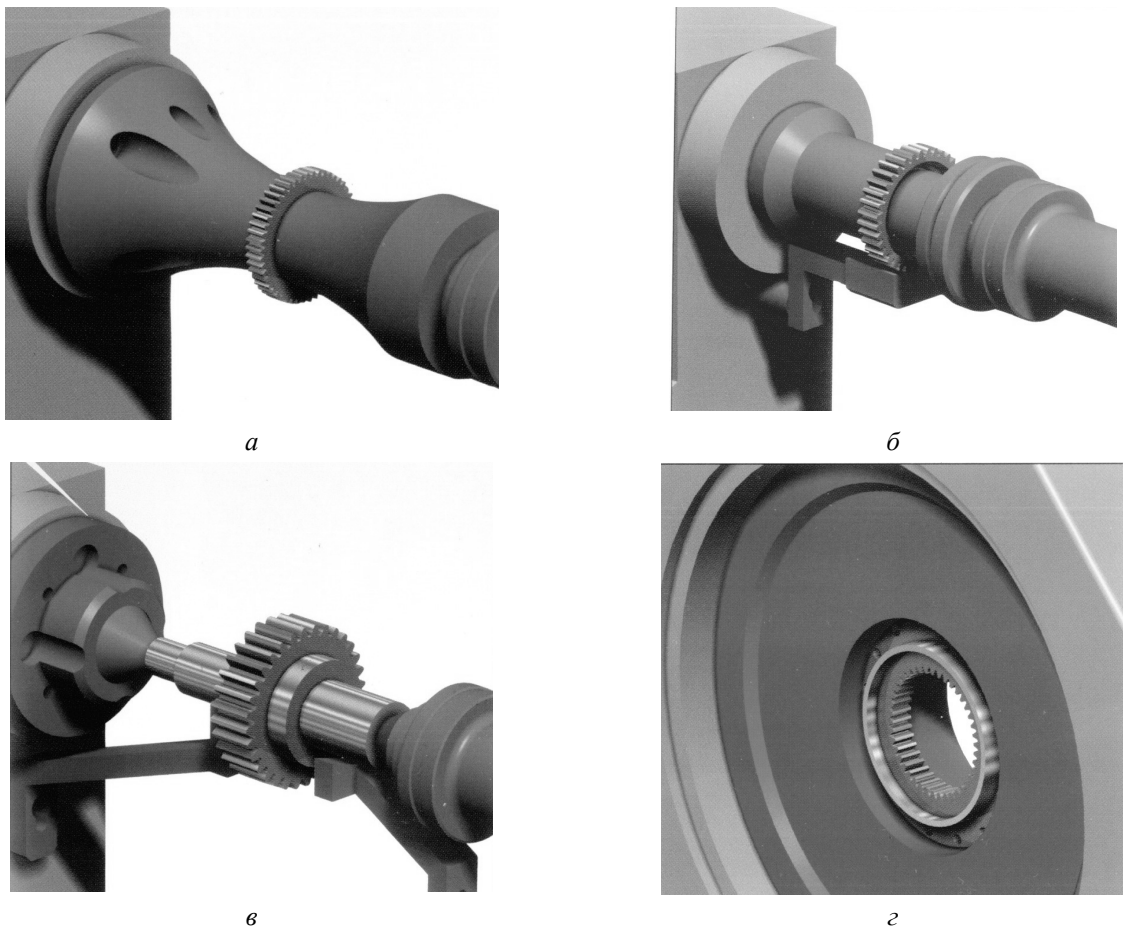


Рис. 5. Закріплення деталей під час зубохонінгування: а – закріплення заготовки шестерні на оправці з натягом; б – оброблення в центрах з підтримкою; в – закріплення заготовки на спеціальній оправці для автоматичної заміни деталі; г – закріплення обробного зубчастого колеса для хонінгування внутрішніх зубців

Висновки. На підставі аналізу сучасного металообробного обладнання з ЧПК провідних західних фірм, інструментів та спорядження для чистового високошвидкісного зубооброблення окреслено основні напрямки розвитку, тенденції та концепції процесів виготовлення та викінчувального оброблення зубчастих коліс 3–4 ступенів точності, що комплексно вирішують проблему забезпечення високопродуктивного та якісного виготовлення приводів сучасних машин.